



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Unidad de Posgrado

## **Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS**

### **TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias de los  
Alimentos

### **AUTOR**

Gladis Josefina ALDAVE PALACIOS

### **ASESORES**

Augusta Isabel CÓRDOVA RIVERA

Gabriela Cristina CHIRE FAJARDO

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Aldave G. Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) proveniente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Unidad de Posgrado; 2016.

---

968



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
UNIDAD DE POSGRADO



14(R)  
28  
21

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR  
AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER  
EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

Siendo las 8:30 a.m. del 14 de junio de 2016 se reunieron en el auditorio de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por el Dr. Fernando Gilbert Quevedo Ganoza e integrado por los siguientes miembros: Dra. Augusta Isabel Córdova Rivera (Asesora), Dra. Arilmi Rosa Gorriti Gutiérrez, Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo, Dra. María Elena Salazar Salvatierra, para la sustentación oral y pública de la tesis intitulada: "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE TOSTADO EN LOS CARACTERES SENSORIALES Y EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE GRANOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) PROCEDENTE DE UCHIZA, SAN MARTÍN – PERÚ PARA LA OBTENCIÓN DE NIBS" presentado por la Bachiller en Oceanografía y Pesquería GLADIS JOSEFINA ALDAVE PALACIOS.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de Magister en Ciencia de los Alimentos. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduando.

A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo:

B Muy Bueno 18 (Dieciocho)

Luego, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad proponga que se le otorgue a la Bachiller en Oceanografía y Pesquería GLADIS JOSEFINA ALDAVE PALACIOS, el Grado Académico de Magister en Ciencia de los Alimentos.

Siendo las 10:35 hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en Lima, a las ..... hrs. del 14 de junio de 2016.

F. Quevedo  
Dr. Fernando Gilbert Quevedo Ganoza (Princ. T.C.)  
Presidente

Augusta Isabella Córdova Rivera  
Dra. Augusta Isabel Córdova Rivera (Princ. D.E.)  
Miembro -Asesora

Arilmi Rosa Gorriti Gutiérrez  
Dra. Arilmi Rosa Gorriti Gutiérrez (Princ. T.C.)  
Miembro

Gladys Constanza Arias Arroyo  
Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo (Princ. T.C.)  
Miembro

María Elena Salazar Salvatierra  
Dra. María Elena Salazar Salvatierra (Asoc. T.C.)  
Miembro

Observaciones:

## **JURADO DE TESIS**

### **Presidente de tesis**

Doctor Fernando Gilbert Quevedo Ganosa

### **JURADO MIEMBRO**

Doctora Arilmi Rosa Gorriti Gutiérrez

### **JURADO MIEMBRO**

Doctora Gladys Constanza Arias Arroyo

### **JURADO MIEMBRO**

Doctora María Elena Salazar Salvatierra

### **MIEMBRO ASESORA**

Doctora Augusta Isabel Córdova Rivera

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre, por iluminar mi camino y sostenerme en los buenos y malos momentos de mi vida, por tenerme en su camino y por regalarme los hijos maravillosos.

A mi hijita Marylin Isabel Martínez Aldave, que desde el cielo es mi ángel y en todo momento me acompaña, me ayuda e inspira a seguir luchando para ser una buena persona. Que Dios Padre la tenga en su divina gloria y esté brillando sobre ella la luz perpetua de su rostro.

A mi hijo Alejandro Javier Martínez Aldave, por ser como es: un buen hijo; por su amor, su ternura, comprensión y su apoyo constante en todo momento.

A mis padres, Eduardo Aldave Reyes y Josefina Palacios de Aldave, y a cada uno de mis ocho hermanos: Roberto, José, Carmen, Carlos, Silvia, Maritza, Sonia y Julio; por su amor, cariño y comprensión; por confiar y creer en mí. Gracias, mis Walitos, mis papitos queridos por su amor y enseñanza de vida. Gracias, hermanitos y familias, y a toda la linda y amada familia que Dios me ha regalado.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la oportunidad de seguir alcanzando mis metas y aspiraciones en la vida y por sostenerme en todo momento.

A la Dra. Augusta Córdova Rivera, mi maestra y asesora, quien con sus sabias enseñanzas y sugerencias ha fortalecido mis conocimientos para la culminación de este trabajo.

A la Mg. Gabriela Chire Fajardo, mi co-asesora, compañera de estudios y hermana en Cristo, por su apoyo constante, sus enseñanzas y su amistad.

A mis jurados en la defensa de mi trabajo de investigación, muchas gracias por sus observaciones y sugerencias.

Presidente de jurado

Doctor Fernando Gilbert Quevedo Ganosa

Jurado miembro

Doctora Arilmi Rosa Gorriti Gutiérrez

Jurado miembro

Doctora Gladys Constanza Arias Arroyo

Jurado miembro

Doctora María Elena Salazar Salvatierra

Miembro asesora

Doctora Augusta Isabel Córdova Rivera

A la Mg. Saby Zegarra Samamé, mi amiga y colega, por su apoyo en todo momento, por estar animándome siempre y por su invalorable amistad y cariño.

A mis padres, Eduardo y Josefina (los Walitos), por sus sabios consejos, su amor, cariño, confianza y apoyo en todos los momentos de mi vida.

A mis queridos y amados hijos Marylincita (desde el cielo) y Alex, que siempre han sido la inspiración de mi vida y que en todo momento están conmigo dándome su apoyo y confianza.

A mis hermanos y a toda mi linda y amada familia, por su apoyo, su amor y por confiar en mí.

A mi amigo y compañero Carlos Benavides por acompañarme y estar conmigo alentándome y dándome ánimo en todo momento.

A mis profesores, amigos y a todas las personas que me han apoyado para realizar este trabajo. Muchas gracias a todos ellos.

A la Dra. Sara Saavedra y su equipo de catadores, mil gracias por su apoyo y colaboración en este trabajo.

A los doctores Gabriela Chire y al Dr. Jorge Guzmán por invitarme a participar en los eventos de proyección social “Fortalecimiento de la tecnología de cacao y chocolate peruano en la cadena de valor”; labor abnegada y desinteresada en bien de los productores de cacao; gracias, porque los viajes me ayudaron a conocer y enamorarme del cacao y chocolate.

A los señores Portella, del fundo “Terra Nostra”, gracias por su acogida, apoyo y por brindarme la información que necesitaba. A la gente de Choco Museo, por su ayuda y cariño y a todas las personas que me han apoyado de una u otra manera para que pueda culminar mi trabajo. Mil gracias a todos.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.    Situación problemática .....	3
1.2.    Formulación del problema.....	4
1.2.1. <i>Problema general</i> .....	4
1.2.2. <i>Problema específico</i> .....	4
1.3.    Justificación teórica de la investigación .....	4
1.4.    Objetivos de la investigación.....	6
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	6
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	6
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1.    Antecedentes de la investigación.....	7
2.2.    El cacao.....	9
2.2.1. <i>Características de las semillas de cacao</i> .....	11
2.2.2. <i>Variedades de cacao</i> .....	12
2.2.2.1    Cacao criollo o nativo .....	12
2.2.2.2.    Cacao trinitario .....	12
2.2.2.3.    Cacao forastero .....	13
2.2.3. <i>Composición química - nutricional del cacao y beneficios a la salud</i> .....	17
2.2.4. <i>Componentes del cacao y su influencia en el desarrollo de atributos sensoriales</i> .....	18
2.2.5. <i>Producción y comercio de los granos del cacao</i> .....	20
2.3.    Procesamiento pos cosecha del cacao .....	21
2.3.1 <i>Quiebre de la mazorca</i> .....	21
2.3.2. <i>Fermentación</i> .....	22
2.3.2.1    Métodos de fermentación.....	23
2.3.2.2.    Tiempo de fermentación .....	25
2.3.2.3.    Temperatura en la fermentación .....	25

2.3.3.	<i>Secado</i> .....	26
2.4.	Transformación del cacao.....	26
2.4.1.	<i>Limpieza y selección de granos</i> .....	26
2.4.2.	<i>Tostado</i> .....	27
2.4.3.	<i>Descascarillado de los granos tostados</i> .....	28
2.4.4.	<i>Almacenaje de los granos tostados</i> .....	28
2.4.5.	<i>Evaluación sensorial del cacao</i> .....	29
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA .....</b>		<b>33</b>
3.1.	Diseño de la investigación.....	33
3.2.	Unidad de análisis.....	34
3.3.	Población de estudio.....	36
3.4.	Tamaño de muestra.....	36
3.5.	Selección de muestra .....	36
3.6.	Técnica de recolección de datos .....	36
3.6.1.	<i>Materia prima</i> .....	36
3.6.2.	<i>Procedimientos y técnicas</i> .....	36
3.6.2.1.	Equipos y materiales:.....	36
3.6.2.2.	Reactivos.....	37
3.7.	Evaluación pos cosecha.....	38
3.7.1.	<i>Determinación del grado de fermentación</i> .....	38
3.7.2.	<i>Análisis proximal</i> .....	38
3.7.3.	<i>Contenido de polifenoles totales</i> .....	38
3.7.4.	<i>Determinación del contenido de ácidos grasos</i> .....	39
3.7.5.	<i>Obtención de los nibs de cacao</i> .....	39
3.7.6.	<i>Descripción de las etapas del proceso</i> .....	41
3.8.	Evaluación sensorial (catación) de los nibs de cacao .....	42
3.9.1.	<i>Análisis proximal</i> .....	44
3.9.2.	<i>Contenido de polifenoles totales</i> .....	44
3.9.3.	<i>Determinación del contenido de ácidos grasos</i> .....	45
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>		<b>47</b>
4.1.	Resultados de la evaluación pos cosecha de los granos de cacao .....	47
4.1.1.	<i>Determinación del grado de fermentación</i> .....	47

4.1.2.	<i>Análisis proximal</i> .....	48
4.1.3.	<i>Contenido de polifenoles totales</i> .....	49
4.1.4.	<i>Determinación del contenido de ácidos grasos</i> .....	50
4.2.	Evaluación sensorial .....	51
4.2.1.	<i>Evaluación sensorial luego del tratamiento térmico</i> .....	51
4.3.	Puntuación de los jueces evaluadores a los nibs de cacao .....	59
4.4.	Resultados del mejor tratamiento térmico .....	60
4.4.1.	<i>Análisis proximal</i> .....	60
4.4.2.	<i>Contenido de polifenoles totales</i> .....	61
4.4.3.	<i>Determinación del contenido de ácidos grasos</i> .....	62
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES</b> .....		<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES</b> .....		<b>69</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		<b>70</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>78</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Características generales del CCN-51	<b>14</b>
Cuadro 2. Características generales del ICS-6	<b>16</b>
Cuadro 3. Diseño experimental (DBCA)	<b>33</b>
Cuadro 4. Operacionalización de variables para el tostado de las dos variedades de cacao	<b>35</b>
Cuadro 5. Resultados del análisis proximal de los granos de cacao variedad CCN-51 (g/100g de granos sin tostar)	<b>49</b>
Cuadro 6. Resultados del análisis proximal de los granos de cacao variedad ICS-6 (g/100g de granos de cacao sin tostar)	<b>49</b>
Cuadro 7. Contenido de polifenoles totales en granos de cacao de las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6 (mg de ácido gálico/g granos sin tostar)	<b>49</b>
Cuadro 8. Contenido de ácidos grasos variedad CCN-51, % (g/100g de granos de cacao y mg/g de granos de cacao)	<b>50</b>
Cuadro 9. Contenido de ácidos grasos variedad ICS-6, % (g/100g de granos de cacao y mg/g de granos de cacao)	<b>50</b>
Cuadro 10. Respuesta sensorial para el nib CCN-51 en los tratamientos	<b>51</b>
Cuadro 11. Respuesta sensorial para el nib ICS-6 en los tratamientos	<b>52</b>
Cuadro 12. Respuesta sensorial para el nib de cacao	<b>52</b>
Cuadro 13. Resumen de asignación de rangos “más es mejor” - Friedman	<b>54</b>
Cuadro 14. Atributos sensoriales identificados en los nibs de cacao de las dos variedades y sus tratamientos por los jueces evaluadores	<b>59</b>

Cuadro 15. Resultados del análisis proximal de los nibs de la variedad CCN-51, % (g/100g de nib de cacao)	<b>61</b>
Cuadro 16. Resultados del análisis proximal de los nibs de la variedad ICS-6 (%; g/100g de nib de cacao)	<b>61</b>
Cuadro 17. Contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao de las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6 (mg de ácido gálico/g de cacao)	<b>61</b>
Cuadro 18. Contenido de ácidos grasos a nibs de cacao variedad CCN-51, % (g/100g de nib de cacao) y (mg/g de nib de cacao)	<b>62</b>
Cuadro 19. Contenido de ácidos grasos, a nibs de la variedad de cacao ICS-6, expresados en % (g/100g de muestra) y (mg/g de muestra)	<b>62</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Partes de la mazorca y semillas de cacao	11
Figura 2: Variedades de cacao	12
Figura 3: Compuestos fenólicos de la almendra de cacao	19
Figura 4: Zonas de mayor producción de cacao de Perú	21
Figura 5: Sensograma	33
Figura 6: Flujograma para la obtención de nibs de cacao	40
Figura 7: Corte de las almendras de cacao con guillotina	48
Figura 8: Corte de las almendras de cacao: (a) almendras de cacao bien fermentadas; (b) almendras de cacao mal fermentadas	48
Figura 9: Gráfica de cajas de Friedman	54
Figura 10: QDA para la variedad CCN-51	56
Figura 11: QDA para la variedad ICS-6	57
Figura 12: Gráfica comparativa de la evaluación sensorial para condiciones similares de proceso entre las dos variedades de nibs (parte superior CCN-51 y parte inferior ICS-6)	58
.....	58

## RESUMEN

Se estudiaron las variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 e ICS-6, procedentes del distrito de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín, en Perú. Se efectuó el tratamiento térmico de tostado a las temperaturas de 120 y 130 °C por 40 y 50 minutos, los nibs de cacao (granos de cacao tostados y pelados) fueron evaluados sensorialmente por seis jueces entrenados. La evaluación estadística mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon no encontró diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). La prueba de Friedman definió el tratamiento de tostado óptimo a 130 °C por 50 minutos, para las dos variedades. Los caracteres de sabor y aroma a chocolate: frutales, florales, nuez, que presentaron mayor puntaje, seguido de los atributos: acidez, amargor y astringencia. Para el tratamiento óptimo se determinaron las propiedades químicas, las variedades CCN-51 e ICS-6 reportan el contenido de polifenoles totales (método Folin-Ciocalteu) de 18,50 y 13,20 mg de ácido gálico/g de nib de cacao, respectivamente, mostrando reducción de 52,66 y 59,66%, respectivamente, del polifenol en el tratamiento térmico. Los ácidos grasos mostraron la siguiente composición (método Prevot y Mordret): ácidos grasos saturados (esteárico y palmítico) 64,70 y 63,81%, ácidos grasos monoinsaturados (oleico) 32,39 y 33,29% y ácidos grasos poliinsaturados (linoleico) 2,94 y 2,90%, respectivamente, no fueron afectados significativamente por el tratamiento térmico.

**Palabras clave:** Ácidos grasos, CCN-51, ICS-6, nibs de cacao, polifenoles, tostado de cacao.

## ABSTRACT

It was studied cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 and ICS-6 from Uchiza district, Tocache province, San Martin department in Peru, roasted at 120 and 130 °C for 40 and 50 minutes. Cocoa nibs (roasted cocoa beans and de-shelled) were sensory evaluated by six trained judges. Statistical results by Wilcoxon test, do not find significant difference between treatments (p-value < 0,05), Friedman test defined optimum treatment roasted at 130 °C and 50 minutes for variety CCN-51 and ICS-6 (p-value < 0,05). Characters chocolate flavor and aroma: fruity, floral and nutty with the highest score, followed by the attributes: acidity, bitterness and astringency. For optimal treatment chemical properties are determined, the CCN-51 and ICS-6 varieties reported for total polyphenol content (*método* Folin-Ciocalteu): 18,50 and 13,20 mg gallic acid/g of cocoa nib respectively, showing a loss by roasting 52,66% and 59,66%; polyphenols in the heat treatment. The fatty acid showed the following composition (*método* Prevot y Mordret): saturated fatty acid (stearic and palmitic) 64,70% and 63,81%, unsaturated fatty acid (oleic) 32,29% and 33,29% and poliunsaturated fatty acids (linoleic) 2,94% and 2,90% respectively, not being significantly affected by heat treatment.

**Keywords:** Fatty acids, CCN-51, ICS-5, cocoa nibs, polyphenols, roasted cocoa.



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol nativo de América tropical, en el Perú se encuentran los mejores nichos ecológicos desde ceja de selva intermedia a selva baja, cultivándose más de 70 mil hectáreas que producen alrededor de 56,500 tm/año de semillas, que representa cerca del 1,4% de la producción mundial (Minagri, 2014).

Actualmente, el Perú es el segundo país en la producción de cacao orgánico y produce el 20% de cacao fino de aroma que se comercializa en el mundo. Los departamentos de mayor producción son: San Martín, Cusco, Ayacucho, Junín, Huánuco, Cajamarca, Ucayali, Tumbes y Piura, siendo San Martín y Cusco los de mayor producción (Minagri, 2014).

En los últimos años se han logrado avances en lo referente al manejo agronómico y beneficio pos cosecha; sin embargo, se debe continuar con las buenas prácticas para lograr productos de buena calidad que sean competitivos (Minagri, 2014).

El tostado es una operación de procesamiento del cacao muy importante, que determina en gran medida el color, aroma y sabor de los derivados del cacao. Durante el tostado el color del cacao sufre un pardeamiento adicional al observado durante las etapas previas de fermentación y secado. En este pardeamiento participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard. En cambio, en el aroma y sabor tienen especial influencia las diferentes temperaturas y tiempos de tostado (Ramli *et al.*, 2006).

El cacao fino de aroma, tipo criollo o trinitario, y algunos tipos de forastero, presentan características específicas de sabor, aroma y color que son ideales para la elaboración de chocolates finos, coberturas, bebidas y diversos alimentos gourmet (ICCO, 2011).

El estudio de los polifenoles en la semilla de cacao, como catequinas y antocianinas, han adquirido notoriedad pública a raíz de su actividad biológica que, consumidos a través de vegetales o derivados como el chocolate, ejercen funciones antiinflamatoria, antioxidante y, por tanto, preventivas ante diversas enfermedades como cáncer (Schramm *et al.*, 2001 y Tuckmantel *et al.*, 1999).

Los polifenoles de interés son aquellos que pertenecen a los flavonoides (catequinas, epicatequinas y procianidinas); aunque actualmente estos compuestos son objeto de muchas investigaciones, existe consenso sobre su efecto antioxidante y su influencia en procesos bioquímicos y fisiológicos beneficiosos para el ser humano (Cakirer *et al.*, 2003; Rusconi & Conti, 2010; Brito *et al.*, 2001; Schramm *et al.*, 2001; Tuckmantel *et al.*, 1999; Belitz *et al.*, 2004).

En el presente trabajo se buscó conocer: 1. el efecto de: la temperatura y tiempo de tostado en el desarrollo de los caracteres sensoriales, 2. el contenido de polifenoles y contenido de ácidos grasos de las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6 procedentes del departamento de San Martín, provincia de Tocache, distrito de Uchiza.

### 1.1. Situación problemática

El cacao es un fruto muy cotizado que se produce en diferentes zonas de nuestro país, principalmente en nuestra Amazonía, y que en el año 2013 alcanzó 71 431 toneladas, lo que generó alrededor de 6,9 millones de jornales anuales. La producción de cacao en el país depende básicamente de los pequeños productores, que beneficia de manera directa a más de 45 000 familias, y de forma indirecta a 225 000 personas, ubicadas en diversas regiones como San Martín, Ucayali, Tumbes, Huánuco, entre otras (Minagri, 2014).

Los productos derivados del cacao se han considerado por siglos únicamente exquisitas golosinas. Solo recientemente se han reconocido como fuentes de compuestos fitoquímicos con efectos favorables a la salud. El chocolate se ubica entre los alimentos con alta concentración de polifenoles, particularmente flavonoides como procianidinas, catequinas y epicatequinas (Gutiérrez, 2002). Un grupo creciente de evidencias sugiere que el consumo regular de los productos del cacao o el uso de sus principios activos como agentes terapéuticos, podrían influir favorablemente en la lucha contra las enfermedades cardiovasculares e incluso en otras patologías como cáncer (Gutiérrez, 2002).

El criterio más importante que define la calidad del grano de cacao en los fabricantes de chocolate es el sabor; este sabor es desarrollado, esencialmente, en dos etapas de fundamental importancia en la fermentación y el tostado (Díaz *et al.*, 2012). El tostado es considerado como la operación tecnológica más importante en el procesamiento de granos de cacao (Kothe *et al.*, 2013). El optimizar las condiciones de tostado significa desenvolver al máximo el potencial aromático de almendras de cacao (Krysiak, 2005).

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿La temperatura y tiempo de tostado influirán en el desarrollo de los caracteres sensoriales, la generación de polifenoles totales y el contenido de ácidos grasos de las variedades CCN-51 e ICS-6 de cacao?

### **1.2.2. Problema específico**

- ¿Cuál será el mejor tratamiento de tostado para las dos variedades de cacao?
- ¿Cuál será la composición proximal, cantidad de polifenoles totales y el contenido de ácidos grasos que alcance mejor tratamiento de tostado para las dos variedades de cacao?
- ¿Se afectará la composición química en el contenido de polifenoles y composición de ácidos grasos con el tratamiento?

## **1.3. Justificación teórica de la investigación**

El nib de cacao es el grano de cacao fermentado, seco, tostado y pelado; es un producto novedoso que está empezando a tener acogida en nuestro país, sobre el que no existen estudios ni se han establecido los parámetros físicos, químicos y sensoriales.

Se propiciará la comercialización y el consumo de los nibs de cacao como tales o incorporados a otros productos para incrementar los beneficios para la salud del consumidor.

Los nibs de cacao contienen una gran cantidad de antioxidantes y principios activos, entre ellos los polifenoles, que son beneficiosos para la salud. Entre los polifenoles, los flavonoides constituyen el grupo más importante e incluyen más de 5 000 compuestos

bien identificados (Gutiérrez, 2002). Todos poseen estructura de tres anillos consistentes en dos centros aromáticos (anillos A y B) y un heterociclo oxigenado central (anillo C) y están típicamente conjugados a los azúcares, clasificándose en seis subgrupos: flavonoides, flavonas, flavanonas, isoflavonas, antocianinas y catequinas (Gutiérrez, 2002).

Los flavonoides son los polifenoles más abundantes en el cacao, se forman durante el procesamiento del mismo. Las procianidinas formadas por la unión de dos a seis monómeros de epicatequina son las más abundantes, mientras que las que contienen entre dos y cinco monómeros son las formas más activas, probablemente debido a que la forma monomérica se metaboliza muy rápidamente y es excretada, mientras las poliméricas mayores de seis unidades pueden tener dificultades para penetrar las membranas celulares y son, por tanto, pobremente absorbidas (Gutiérrez, 2002).

Los precursores de aromas desarrollados durante la fermentación interactúan en el proceso de tostado para producir el deseado sabor a chocolate (Sánchez, 2007); por ello, el tostado es considerado como la operación tecnológica más importante en el procesamiento de los granos de cacao (Zapata *et al.*, 2015). El optimizar las condiciones de tostado de cacao significa desenvolver al máximo el potencial aromático de las almendras (Lares *et al.*, 2012).

Padilla *et al.* (2000), Pérez *et al.* (2002), Álvarez *et al.* (2007) y Torrez-Moreno *et al.* (2015) coinciden en que la manteca de cacao es la grasa más importante usada en la industria de la confitería y del chocolate; ellos estudiaron las características físicas, químicas y el contenido de ácidos grasos, encontrando que entre los cultivos estudiados existían diferencias estadísticamente significativas en la composición proximal de las almendras de cacao, en el índice de yodo y saponificación de la manteca. La cantidad de ácidos grasos saturados es mayor que la de insaturados, encontrándose como principales fracciones el palmítico y el esteárico. El contenido de ácido oleico es mayor que el de linoleico. El contenido de los ácidos grasos influye en la dureza de la manteca de cacao.

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. *Objetivo general***

Conocer el efecto de la temperatura y tiempo de tostado en el desarrollo de los caracteres sensoriales y propiedades químicas de los nibs de cacao (granos de cacao tostados) de las variedades CCN-51 e ICS-6.

### **1.4.2. *Objetivos específicos***

- Evaluar el índice de fermentación de los granos de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6.
- Determinar la mejor temperatura y tiempo de tostado para la generación de los caracteres sensoriales de los nibs de cacao, para las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6.
- Evaluar la composición proximal de los granos y del mejor tratamiento térmico de tostado de los nibs de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6.
- Determinar los polifenoles totales del mejor tratamiento térmico de tostado de los nibs de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6.
- Determinar la composición de ácidos grasos del mejor tratamiento térmico de tostado de los nibs de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Los granos de cacao son la materia prima básica en la elaboración de chocolates y otros productos de fabricación de chocolatería. Uno de los procesos más importantes es el de someter a las almendras de cacao al tostado, el cual dependerá del tipo de grano, el tiempo de cosecha y la ubicación, el tratamiento después de la cosecha y el tipo de sabor deseado en el producto acabado (Zyzelewicz *et al.*, 2014).

El tostado de los granos de cacao es un paso esencial en su procesamiento, dando lugar a muchas transformaciones deseables. Por otro lado, provoca cambios valiosos en la manteca de cacao. La influencia de las condiciones de tostado, es decir, la temperatura, la humedad y la velocidad del flujo de aire de tostado influirán en la composición de ácidos grasos, índice de peróxidos y el contenido de dienos conjugados y trienos en la manteca de cacao. Generalmente, en la mayoría de los casos el tostado no aumentó el valor de peróxido (Zyzelewicz *et al.*, 2014).

Zyzelewicz *et al.* (2014) y Cros (2004) estudiaron la influencia de las condiciones de tostado sobre la composición de las grasas y los cambios oxidativos de la manteca de cacao, los cuales dependerán de las condiciones de tostado, tipo de grano, tiempo y lugar de cosecha (ubicación geográfica), en el tratamiento después de la cosecha y el tipo de sabor deseado en el producto acabado.

Díaz (2012), en su investigación “Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes

temperaturas”, dice que el criterio más importante que define la calidad del grano de cacao en los fabricantes de chocolate es el sabor, el cual es desarrollado esencialmente en dos etapas de fundamental importancia: la fermentación y el tostado. Los precursores de aromas desarrollados durante la fermentación interactúan en el proceso de tostado para producir el deseado sabor a chocolate, es por ello que el tostado es considerado como la operación tecnológica más importante en el procesamiento de los granos de cacao, por lo que optimizar las condiciones de tostado significa desenvolver al máximo el potencial aromático de las almendras.

Las propiedades de los granos tostados dependerán principalmente de las variedades, tiempos y temperaturas, así como de la concentración de compuestos volátiles, el sabor, acidez total y contenido de grasa. Según Krysiak (2005), el contenido de grasa varía debido a que las almendras rotas dejan escapar la manteca de cacao a través de las células lesionadas disminuyendo el rendimiento productivo; en tanto que la acidez se ve afectada por la reducción de las concentraciones de ácidos volátiles, como el ácido acético, pero no los ácidos no volátiles, tales como el oxálico, cítrico, ácido tartárico, succínico y láctico (Ramli, 2006).

Las temperaturas y tiempos de tostado dependerán de la humedad con la que ingrese el grano al tostador, esto se puede estimar por medio de una curva de tiempo de tostado, la cual indica el tiempo que se debe tostar con relación a la humedad inicial del cacao a una temperatura determinada (Plúa, 2008).

El sabor a chocolate que se produce es el resultado de combinaciones de compuestos, como las pirazinas, aldehídos, éteres, tiazoles, fenoles, cetonas, alcoholes, furanos y esterres (Nazaruddin *et al.*, 2006). Los compuestos mayormente formados durante el tostado son las pirazinas a través de la reacción de Maillard y la degradación de aminoácidos y azúcares.

Las pirazinas, además de ser los compuestos más formados, se ha sugerido que son la causa más importante del aroma a chocolate. Durante el tostado de 100g de almendras



de cacao, cerca de 1g de aminoácidos y azúcares son consumidos vía reacción de Maillard, pero solamente 142-698ug de pirazinas son formadas; sin embargo, el aroma producido es extremadamente importante (Kothe *et al.*, 2013).

Según Noor-Soffalina *et al.* (2009), durante el tostado la reacción de Maillard, conocida como “pardeamiento no enzimático”, juega un papel importante en la formación de los pigmentos marrones y el aroma del cacao. Los azúcares reductores son precursores del sabor carbonilo, principalmente formados a través de la hidrólisis de la sacarosa por la acción de la invertasa y la hidrólisis enzimática de las antocianinas.

## **2.2. El cacao**

El cacao es un árbol nativo de América tropical. Se estima que una población de *Theobroma cacao* L. se extiende naturalmente a lo largo de la parte central, en el oeste y norte de las Guayanas, en Amazonas y el sur de México. De estos lugares se dispersaron los dos tipos principales de cacao, el criollo y el forastero (Unodoc, 2014).

El Perú presenta los mejores nichos ecológicos desde ceja de selva intermedia a selva baja. En estas zonas de vida se encuentran factores o condiciones bióticas y abióticas favorables para su desarrollo y crecimiento (Unodoc, 2014).

El cacao se ha cultivado en el sureste de México desde épocas prehispánicas, siendo los olmecas (1500 a. C.) los primeros en domesticarlo y utilizarlo. Los olmecas lo heredaron a los mayas (1000 a. C. a 1540 d. C.) y estos lo dieron a conocer a los aztecas (500 a 1500 d. C.). Los mayas y los aztecas utilizaron el grano de cacao en la preparación de bebidas y como moneda de intercambio (Coe *et al.*, 2007).

La palabra cacao deriva del término “cacahuatl” proveniente de las lenguas maya y azteca. Exactamente, según el diccionario etimológico de Joan Corominas, el término cacao se tomó del náhuatl kakáwa (radical de kakáwatl) previa adaptación fonética y morfológica al sistema de la lengua española (Coe *et al.*, 2007).

El árbol del cacao, clasificado por Linneo como *Theobroma cacao* L. (en latín, literalmente, “cacao, alimento de dioses”), de la familia Esterculiáceae es originario de Sudamérica, concretamente de los valles del Amazonas y Orinoco (Rusconi y Conti, 2010).

El árbol de cacao es delicado y exigente, necesita de una temperatura constante de 24-26 °C, lluvias abundantes y regulares y suelo rico en potasio, nitrógeno y oligo-elementos. El árbol joven de cacao es particularmente sensible al sol y al viento, por lo tanto necesita desarrollarse a la sombra de otros árboles llamados “madres del cacao”, tales como: plátano, carambola, algodónero y caucho, principalmente. Llega a medir cerca de 5m en tres años y alcanza 8m a la edad de diez años (Nosti, 1953).

### **Taxonomía del cacao**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Dicotiledónea
Clase:	Dilleniidae
Orden:	Malvales
Familia:	Malvaceae
Subfamilia:	Sterculioideae
Género:	Theobroma
Especie:	<i>Theobroma cacao</i> L.

En la literatura botánica actual se reconocen dos subespecies:

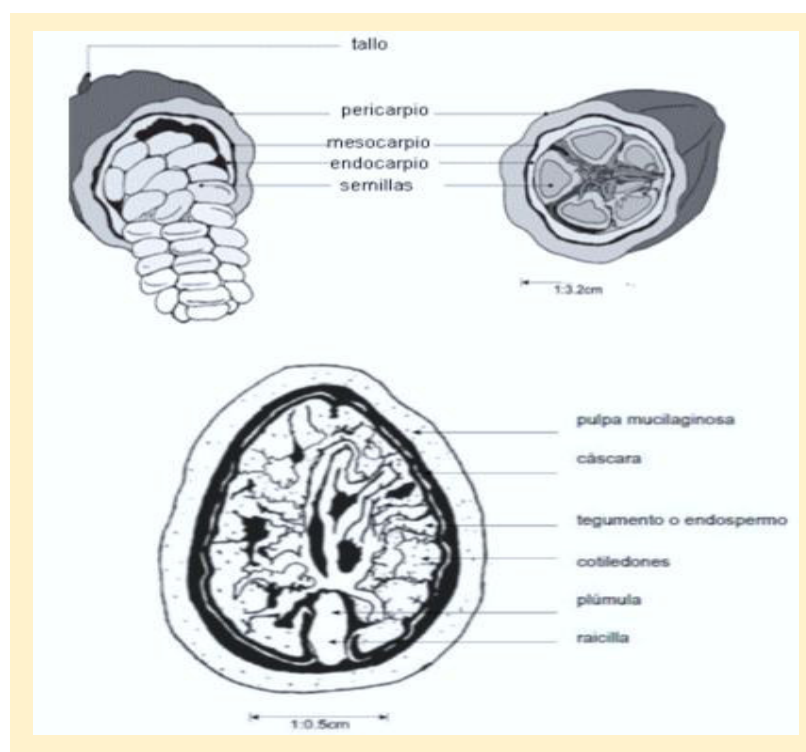
- *Theobroma cacao* L. subesp. cacao: grupo criollo
- *Theobroma cacao* L. *sphaerocapum* (chev.): grupo forastero

(Doestert *et al.*, 2012).

### 2.2.1. Características de las semillas de cacao

El fruto es una mazorca de forma alargada, de verde cambia a color rojo o amarillo púrpura y pesa aproximadamente 450g cuando está madura, mide de 15 a 30cm de largo por 7 a 12cm de ancho. La superficie de la mazorca es rugosa, por lo general se caracteriza por tener cinco surcos profundos a lo largo de la mazorca.

Las semillas son oblongas y varían de tamaño de acuerdo con el tipo de cacao, pudiendo ser redondas en la parte más larga, como el cacao tipo criollo, y otras aplanadas como el caso de los forasteros. Poseen un recubrimiento externo llamado mucilago, cuya función es proteger a los cotiledones, es dulce y permite la fermentación de las semillas (Figura 1) (Beckett, 2009).



**Figura 1. Mazorca y semillas de cacao**

*Fuente:* Codex Alimentario (2013)

### 2.2.2. Variedades de cacao

Según Beckett (2009), las tres grandes variedades que generan la producción mundial de cacao son: criollo, trinitario y forastero (Figura 2). El factor variedad tiene relación directa con el tiempo requerido para la fermentación, además de que influye en la calidad de los derivados.



*Figura 2. Variedades de cacao*

*Fuente: Unodoc (2014)*

#### 2.2.2.1 Cacao criollo o nativo

También denominado cacao genuino, bautizado así por los españoles al llegar a México, es reconocido por su gran calidad y escaso contenido de tanino, con mazorcas usualmente de forma alargada, con punta acentuada en el extremo inferior. Este tipo de cacao requiere de dos a tres días para completar su fermentación y es muy aromático, por lo que se destina a la fabricación de chocolates más finos. Actualmente se cultiva en América en países como Perú, Venezuela, Honduras, Colombia, Ecuador, Guatemala, Trinidad, Bolivia, México, Granada y Nicaragua (Trognitz *et al.*, 2011).

#### 2.2.2.2. Cacao trinitario

Entre las semillas de cacao híbrido destaca el trinitario. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad y Tobago donde surgió como resultado de un proceso de cruce entre el forastero y el criollo amazónico (Motamayor,

2001). Así heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo; normalmente, también se usa mezclado con otras variedades, aunque su calidad es más próxima al forastero, presenta similares o mayores concentraciones de polifenoles que las anteriores variedades.

Esta variedad de cacao se caracteriza porque al procesarse desarrolla un sabor a chocolate bastante pronunciado, acompañado en algunos casos de notas sensoriales afrutadas (Sukha, 2007).

### **2.2.2.3. Cacao forastero**

El forastero es originario de la alta Amazonía, se trata de un cacao con el porcentaje más elevado de taninos. Proviene normalmente de África, donde se han desarrollado muchos híbridos.

El grano tiene cáscara gruesa, es resistente y poco aromático. Para neutralizar sus imperfecciones requiere de un intenso tueste, de donde proceden el sabor y el aroma a quemado de la mayoría de los chocolates. Los mejores productores tienen granos forasteros en sus mezclas para dar cuerpo y amplitud al chocolate; pero la acidez, el equilibrio y la complejidad de los mejores chocolates que se obtienen con esta variedad provienen de mezclas de variedad criolla (Adomako y Adu-Ampomah, 2003).

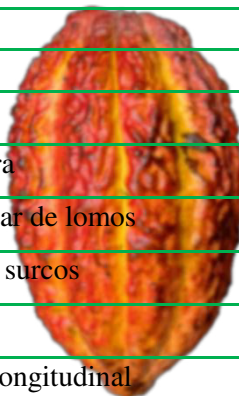
Dentro de la variedad del cacao trinitario y forastero se encuentran los híbridos CCN-51 e ICS-6, objetos de la presente investigación, cuyas características de cada una de ellas se muestran en los cuadros 1 y 2.

**CCN-51.**- Híbrido de ICS-95 x IMC-67 obtenido por el Ing. Homero Castro en 1960, luego de numerosos ensayos por lograr una variedad productiva y resistente. El híbrido obtenido lo plantó en su finca “**Teobroma**”, localizada en Naranjal, luego

de seleccionar varios híbridos con las características deseadas, procediendo luego a clonar algunos de ellos a los que denominó con las siglas CCN-51, cuyo significado es “**Colección Castro Naranjal**”. Sus características sensoriales son: sabor dulce, ácido, astringente y amargo medio, con sabor a cacao, floral medio y frutal nuez. CCN51 es considerado el clon más productivo del mundo (Portal informativo El cacaotero; Fajardo, 2013).

**Cuadro 1. Características generales del CCN-51**

<b>DESCRIPTORES DE IDENTIDAD</b>	
- Genotipo / genealogía	(IMC-67 x ICS-95) x forastero desconocido
- País de origen	Ecuador
- Asección / código	BGC-015
<b>A. DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS</b>	
<b>Del fruto</b>	
- Color al estado inmaduro	Rojo
- Forma básica	Oblonga
- Forma del ápice	Ligeramente atenuada
- Rugosidad	Fuerte
- Constricción basal	Ligera
- Grosor de la cáscara	Intermedio
- Separación de un par de lomos	Intermedia
- Profundidad de los surcos	Profunda
<b>De la semilla</b>	
- Forma en sección longitudinal	Elíptica
- Forma en sección transversal	Intermedia
- Color del cotiledón	Morado



<b>B. DESCRIPTORES AGRONÓMICOS</b>	
<b>De productividad</b>	
- Tamaño del fruto	Muy grande
- N° de semillas por fruto	44
- Tamaño de semilla	Intermedio
- Peso seco de semilla	1,4g
- Índice de mazorca	16

- Rendimiento	2,760 kg/ha (937-2,812 kg/ha)
- Compatibilidad	Autocompatible
<b>De sanidad</b>	
<b>Reacción a enfermedades</b>	
- Pudrición parda	Susceptible
- Escoba de bruja	Moderadamente resistente
- Moniliasis	Moderadamente susceptible

<b>C. DESCRIPTORES INDUSTRIALES</b>	
- Contenido de grasa	54%
- Sabores básicos y específicos de la pulpa	Dulzura (media); acidez (media); astringencia (media); amargor de almendra (medio) y frutal (bajo).
- Sabores básicos y específicos del licor	Acidez (media); astringencia (media); amargor (medio); floral (ausente); frutal (bajo); y nuez (ausente). Tiene una nota de corteza pronunciada y notable intensidad de chocolate.

*Fuente:* García (2012).

**ICS-6.-** Es un trinitario, de Trinidad y Tobago, caracterizado por su sabor dulce y acidez media, astringencia baja, frutal almendra medio y amargor y floral bajo (García, 2012).

**Cuadro 2. Características generales del ICS-6**

<b>D. DESCRIPTORES DE IDENTIDAD</b>	
- Genotipo / genealogía	Trinitario
- País de origen	Trinidad y Tobago
- Asección / código	BGC-001

<b>E. DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS</b>	
<b>Del fruto</b>	
- Color al estado inmaduro	Verde
- Forma básica	Elíptica
- Forma del ápice	Apezonada
- Rugosidad	Ligera
- Constricción basal	Ligera
- Grosor de la cáscara	Intermedio
- Separación de un par de lomos	Intermedia
- Profundidad de los surcos	Intermedia
<b>De la semilla</b>	
- Forma en sección longitudinal	Elíptica
- Forma en sección transversal	Aplanada
- Color del cotiledón	Morado

<b>F. DESCRIPTORES AGRONÓMICOS</b>	
<b>De productividad</b>	
- Tamaño del fruto	Intermedio
- N° de semillas por fruto	39
- Tamaño de semilla	Grande
- Peso seco de semilla	1,6 g
- Índice de mazorca	16
- Rendimiento	806 kg/ha (937-2,812 kg/ha)
- Compatibilidad	Autocompatible
<b>De sanidad</b>	
<b>Reacción a enfermedades</b>	
- Pudrición parda	Susceptible
- Escoba de bruja	Moderadamente resistente
- Moniliasis	Moderadamente susceptible



<b>G. DESCRIPTORES INDUSTRIALES</b>	
- Contenido de grasa	54%
- Sabores básicos y específicos de la pulpa	Dulzura (media); acidez (media); astringencia (baja); amargor de almendra (baja); floral (bajo) y frutal (medio).

*Fuente:* García (2012).

### **2.2.3. Composición química - nutricional del cacao y beneficios a la salud**

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores, entre los que se pueden citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y secado. Los principales constituyentes químicos del cacao son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos (Wakao, 2002).

La calidad en el cacao se manifiesta a través de características físicas (tamaño, peso, grosor de la cáscara), químicas (contenido de grasa, polifenoles, etc.) y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma (Reyes *et al.*, 2004).

El perfil aromático del cacao depende de la composición bioquímica de las almendras, las que se determinan por factores ambientales, genéticos, manejo post cosecha, torrefacción, entre otros (Cros, 2004).

La calidad física se refiere a la forma como los países compradores clasifican las almendras de cacao por su apariencia, humedad, contenido de materiales extraños, moho, insectos y otros. Existen características afectadas por el ambiente durante el desarrollo de la mazorca; por ejemplo, la deficiencia de agua y nutrientes impide que las semillas alcancen su tamaño normal. De allí que el índice de semilla sea más alto al final del periodo lluvioso por las mejores condiciones para el desarrollo de las almendras (Cros, 2004).

El contenido de grasa cruda oscila entre 51,75 y 56,29% en promedio, dependiendo del tamaño del grano y el proceso de beneficio, considerados los factores más directos en las variaciones del contenido graso en granos de cacao (Cross, 1997). En el cacao tostado se reportan valores de grasa entre 48 y 52% (Wakao, 2002). La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, que está constituida por los ácidos grasos (esteárico, palmítico, oleico y en menor cantidad, otros como los poliinsaturados y los de cadena corta, cuya composición es típica de las diferentes almendras de cacao (Vinson *et al.*, 1999).

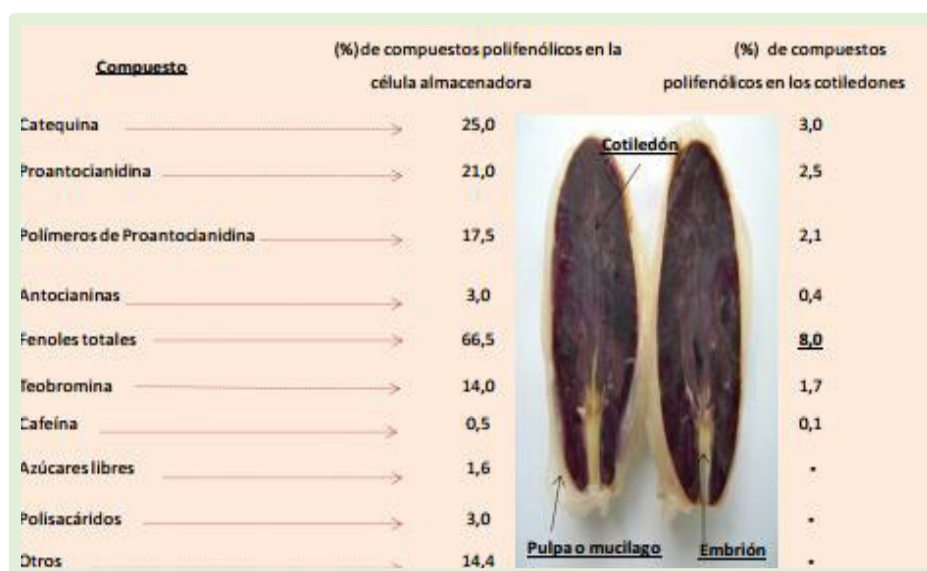
El consumo de cacao y de chocolate, en su inicio, se asoció como beneficioso para la salud por sus aportes, tales como mayor fortaleza, vigor sexual, resistencia al trabajo duro, a bajas temperaturas y muchos otros beneficios, aunque sin un fundamento científico probado (Dillinger *et al.*, 2000); sin embargo, los adelantos tecnológicos permitieron la detección, cuantificación, el análisis de las propiedades químicas y biológicas de sustancias beneficiosas a la salud como: los polifenoles (catequinas, epicatequina y la quercetina) presentes en el cacao y en el chocolate oscuro, logrando un producto que reduce riesgos de tipo cardiovascular (Arts y Hollman, 2005; Ding *et al.*, 2006). El perfil lipídico de los ácidos grasos más comunes en la manteca de cacao formada por ácido oleico que tiene efectos hipocolesterolémicos, ácido esteárico con efecto neutro, y el ácido palmítico aumenta los niveles de colesterol plasmático, por lo que el consumo de chocolate posee efecto neutro en los niveles de colesterol plasmático, como efecto de compensación de los tres ácidos grasos. Yu (1995), Kris-Etherton (1993), Kris-Etherton (1994) y Sesso *et al.* (2003) aseguran que contribuye a la disminución del colesterol LDL, disminución de la presión y en la relajación de los vasos sanguíneos, por lo que mejora las condiciones de coagulación de la sangre (Gutiérrez, 2002).

#### **2.2.4. Componentes del cacao y su influencia en el desarrollo de atributos sensoriales**

Los polifenoles de la semilla del cacao están almacenados en células distribuidas en grupos a través de los cotiledones, los cuales son considerados responsables en gran parte por la astringencia y amargor (Calderón, 2002). Participan activamente en las

modificaciones bioquímicas en el interior de las almendras durante la fermentación. Una de ellas, la oxidación enzimática, provoca la disminución del contenido de polifenoles (Calderón, 2002) a través de la hidrólisis de las antocianinas y la polimerización de los monómeros y oligómeros de flavonoides, transformándolos en compuestos insolubles. Como resultado, disminuye la astringencia y amargor (Cros, 2004) influyendo positivamente sobre la calidad sensorial del cacao. Si la fermentación es bien llevada, la concentración de polifenoles totales en los granos de cacao se reduce 40% o más (INIAP, 2007).

En la Figura 3 se pueden observar los compuestos polifenólicos que se encuentran en las almendras de cacao.



**Figura 3. Compuestos fenólicos de la almendra de cacao**

*Fuente:* Yader (2012)

El contenido de ácidos orgánicos aporta a la acidez el perfil sensorial del cacao, varía entre el 1,2 y 1,6%. Algunos, entre ellos el acético, cítrico y oxálico, se forman durante la fermentación (Armijos, 2002). En los cotiledones el pH desciende desde aproximadamente 6,5 en almendras frescas, al momento de colocarse la masa en los cajones de fermentación y hasta valores dentro del rango de 5,0 a 5,5 en almendras ya fermentadas (INIAP, 2007).

La teobromina y la cafeína pertenecen a la familia de las purinas y representan más del 99% de los alcaloides presentes en el cacao (Wakao, 2002). Durante la fermentación, el contenido de teobromina y cafeína se reducen entre el 20 y 30%, contribuyendo en el descenso del nivel de amargor de los granos (Braudeau, 1970). Un estudio conducido por Wakao (2002) también demostró que los contenidos de teobromina y cafeína disminuyen a medida que avanza la fermentación, en proporciones que varían entre el 15 y 24%.

#### ***2.2.5. Producción y comercio de los granos del cacao***

La producción del cacao se localiza entre 20° norte y 20° al sur y norte de la línea ecuatorial y es realizada principalmente por los pequeños productores, quienes comercializaron alrededor de 3,9 millones de toneladas métricas entre 2010 y 2011 (ICCO, 2011).

Los principales países exportadores del grano de cacao para el 2011 fueron: Costa de Marfil (29%), Ghana (19%) e Indonesia (11%). En el 2011, el Perú evidenció un importante crecimiento en las exportaciones de grano de cacao y derivados alcanzando un valor de US\$ 104,3 millones.

La comercialización internacional requiere cacao con índice de semilla arriba de 1g. El índice promedio de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1,26g el de Ghana, considerado el referente mundial para la calidad, particularmente física, en el mejor de los casos llega a 1,15g (Amores, 2009), mientras que el peruano en promedio supera a este último.

Las principales zonas de producción en el Perú durante el 2012 fueron: San Martín (21 mil tm), Cusco (10 mil tm), Ayacucho (6 mil tm), Junín (8 mil tm), Amazonas (4 mil tm) y Huánuco (2 mil tm). Durante el 2010 y el 2011, en San Martín y Cusco se concentró el 60% del volumen de producción nacional; no obstante, los rendimientos más altos en

tm/ha lo presentan las regiones de San Martín y Ucayali (Minagri, 2014). En la Figura 4 se muestran las principales zonas productivas del Perú.

Los principales destinos de las exportaciones de cacao en grano para ese año fueron Bélgica (23%), Colombia (21%), Italia (15%), Holanda (15%) y EEUU (9%). (Minagri, 2014).



*Figura 4. Zonas de mayor producción de cacao del Perú*  
*Fuente: García (2012)*

## **2.3. Procesamiento pos cosecha del cacao**

### **2.3.1 Quiebre de la mazorca**

Es una práctica que consiste en quebrar o abrir la mazorca en dos partes para extraer las almendras. El quiebre se puede hacer con un machete corto y sin filo, con un mazo o con un golpe, procurando no dañar la semilla “grano” para garantizar su calidad (Mendoza, 2013).

### 2.3.2. Fermentación

La fermentación es básicamente un proceso espontáneo de carácter bioquímico que se caracteriza por la sucesión progresiva de microorganismos (especies de hongos filamentosos, levaduras, bacterias ácidas lácticas y bacterias ácidas acéticas) entre la masa de semillas en fermentación, estos microorganismos son activados por el cambio de temperatura entre la masa en fermentación, proceso que dura un mínimo de tres días y un máximo de siete días, tiempo durante el cual los polifenoles se oxidan bajando su concentración inicial y provocando cambios en el color de la semilla (anexo 2), relacionados con cambios en la concentración inicial de antocianinas (Hii, *et al.*, 2009).

Los microorganismos encontrados en las semillas en fermentación son, con frecuencia, levaduras del género *Saccharomyces* sp., particularmente *S. cerevisiae*, *Candida krusei*, *Kloeckera apiculata*, *Pichia fermentans*, *Hansenula anomala* y *Schizo-saccharomyces pombe*, que provienen del medio ambiente circundante. Aunque ya se ha realizado la fermentación controlada, inoculando otras especies como las bacterias ácido lácticas (*L. lactis* y *L. plantarum*) y bacterias acéticas (*Acetobacter aceti* & *Gluconobacter oxydans*) con similares resultados (Sato y Sakiyama, 2011).

El proceso de fermentación pasa por dos etapas: una anaeróbica y otra aeróbica. En la etapa anaeróbica actúan microorganismos como las levaduras *Saccharomyces* sp., *Kloeckera* spp., *Saccharomycopsis* spp., *Kluyveromyces marxianus*, *Torulopsis* spp., entre otras; estas atacan la pulpa hidrolizando carbohidratos y proteínas para convertirlos en etanol, dióxido de carbono y péptidos de bajo peso molecular. En la segunda etapa, la remoción del grano favorece la actividad de bacterias aeróbicas: bacterias ácido lácticas, como *Lactobacilos* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., y ácido acéticas, como *Acetobacter* spp. y *Gluconobacter oxydans*. Estas últimas convierten el etanol en ácido acético, que penetra al cotiledón y causa la muerte del grano; además, se inician las reacciones enzimáticas que favorecen la formación de péptidos de bajo peso molecular, aminoácidos libres y la oxidación de los polifenoles, dichas reacciones son controladas principalmente por los cambios de temperatura y pH 3,8-4,0. Desde el punto de vista físico, se producen cambios como el hinchamiento del grano por penetración de líquidos

como el agua, etanol y el ácido acético, esto garantiza al cacao una apariencia de “arrugamiento” y de grietas o estrías internas (Pinzón *et al.*, 2008).

Las sustancias generadas y la temperatura producida a partir de la fermentación, en términos generales, proporcionan a los granos unas características que corresponden a las condiciones de calidad, que se examina a la hora de la venta del producto. Una adecuada fermentación origina un cacao que al ser convertido en chocolate, sea agradable al paladar y al olfato; por el contrario, una mala fermentación o ausencia de ella influyen negativamente sobre la calidad sensorial, limitando seriamente la expresión de los diferentes compuestos que forman el aroma del cacao (Camu *et al.*, 2008).

### **2.3.2.1 Métodos de fermentación**

El sistema de fermentación del cacao varía de acuerdo con el volumen de producción de la plantación. Existen varios tipos de instalaciones para fermentar (Ramos, 2004; Gutiérrez, 1988; Moreno y Sánchez, 1989; Arévalo *et al.*, 2004), los que se describen a continuación.

#### **i. Cajones de madera a un nivel**

Los cajones se construyen con tablones de maderas finas, preferiblemente blancas, resistentes a la humedad, tales como el cedro, nogal, etc., que no desprendan sustancias extrañas, taninos, por ejemplo, que interfieran con la calidad final del cacao. Deben descansar sobre patas o largueros separados del suelo a una altura de 0,2m. Las dimensiones varían de acuerdo con la producción y pueden ser de 0,60 x 0,60 x 0,60m o 1,0 x 1,0 x 1,0m (Jiménez, 2003).

#### **ii. Cajones de madera tipo escalera**

Este sistema se forma con varias series de tres cajones de madera, colocados a diferentes niveles, como formando una escalera. El cacao recién cosechado se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción (a las 24 horas), la masa

se vierte en el cajón inmediatamente inferior. Luego de transcurrido igual tiempo la masa se vierte en el último cajón. Este procedimiento propicia la aireación de la masa, condición que es de gran importancia para el normal desarrollo del proceso fermentativo (Jiménez, 2003).

**iii. Fermentación en montón**

Se hace un tendido de hojas de plátano sobre tablas de madera o un piso de caña para amontonar allí las almendras frescas. Luego, estas se cubren con el mismo tipo de hojas para que comience la fermentación. Los montones se tapan adicionalmente con sacos de yute para reducir la pérdida de calor (Jiménez, 2003).

**iv. Fermentación en sacos**

Una práctica común del productor es llenar sacos con cacao fresco para luego dejarlos colgando con el fin de facilitar el escurrimiento. Alternativamente, acostumbra amontonar los sacos en el piso por un periodo de cinco a siete días, o los que sean necesarios, según el tipo de cacao. De cuando en cuando mueve la masa dentro de los sacos para promover la aireación y completar la fermentación. Si el método no se maneja bien da lugar a un alto porcentaje de almendras tipo violeta y pizarra, afectándose seriamente la calidad sensorial del cacao (Jiménez, 2003).

**v. Micro fermentaciones**

Es un sistema útil para fermentar pequeñas cantidades de masa de cacao fresco. Ha sido adaptado para pruebas de investigación acerca del proceso fermentativo. Se utilizan muestras de cacao hasta de 4kg, colocando la masa en pequeños sacos de tela con mallas de 45cm de largo por 25cm de ancho. La masa queda holgada dentro de la malla para facilitar la eliminación natural del mucilago y la remoción de las almendras cuando sea necesario (Jiménez, 2003).



Los pequeños sacos se ubican en el interior de una gran masa fermentante, preferiblemente más de 100kg, para simular las condiciones y reacciones normales del proceso de fermentación (Jiménez, 2003).

#### **2.3.2.2. *Tiempo de fermentación***

El cacao de la variedad nacional necesita un tiempo de fermentación más prolongado que el cacao criollo, que usualmente se fermenta por tres días. Los cacaos de tipo forastero se fermentan por cinco a siete días (Braudeau, 1970; Moreno y Sánchez, 1989; Ramos, 2004). El tiempo de fermentación está relacionado con la cantidad de pulpa y concentración de polifenoles en las almendras, según el genotipo de que se trate. Por lo general, mientras el color de los cotiledones es más violeta-oscuro, el tiempo de fermentación se prolonga más. La intensidad de la coloración depende a su vez de la concentración de antocianina, pigmento que es parte de la carga total de polifenoles que contiene el cacao. Los cacaos criollos tienen menos antocianina y en general polifenoles, por eso fermentan más rápido (Jiménez, 2003).

#### **2.3.2.3. *Temperatura en la fermentación***

Durante los primeros días de fermentación la temperatura de la masa varía entre 45 y 50 °C, una variación normal dentro de este proceso. Luego empieza a descender lentamente para volver a subir a 48 y 50 °C, después de la primera remoción de la masa. En el interior de la almendra el embrión muere cuando la temperatura llega a 45 °C, marcando el inicio de los cambios bioquímicos que conducirán a la formación de los precursores del sabor y aroma a chocolate (Wood, 1983; Enríquez, 2004).

Las temperaturas más altas se producen en la capa superior de la masa entre el segundo y tercer día, a partir del inicio de la fermentación (Semiglia, 1979). Esta afirmación es corroborada por Saltos (2005), quien logró establecer una diferencia de 6 °C entre la temperatura de la capa superior de la masa fermentante y la de la capa inmediatamente inferior. Las condiciones climáticas particulares durante el año, así como el genotipo,

ejercen un papel importante en la fermentación y el secado. En zonas de clima caliente la fermentación tarda menos que en otras de temperaturas moderadas. Como es de esperarse, tales condiciones influyen en la calidad final del producto (Braudeau, 1970; Moreno y Sánchez, 1989).

### **2.3.3. Secado**

El secado de las almendras de cacao es una etapa que requiere mucha atención y cuidado para garantizar la calidad final del producto. El objetivo principal es que las almendras terminen de desarrollar el sabor a chocolate y eliminar el exceso de humedad de las almendras, aproximadamente de 55 a 6-8%, asegurando su posterior almacenaje y comercialización (Portillo *et al.*, 2005).

Durante este proceso cambian los colores de las almendras apareciendo el color marrón o pardo, típico del cacao fermentado y secado correctamente. El secado puede ser natural (exposición directa al sol o en sombra) o artificial (empleando calor). Se recomienda el secado natural porque permite eliminar acidez volátil, secar lentamente y desarrollar satisfactoriamente los cambios para lograr un buen sabor y aroma (Nogales *et al.*, 2006).

El secado artificial es de mayor rapidez y aplicable en zonas de alta precipitación donde el secado al sol se obstaculiza constantemente. Sin embargo, su uso se limita porque requieren cantidades significativas de almendras para ser rentable (Zahouli *et al.*, 2010).

## **2.4. Transformación del cacao**

### **2.4.1. Limpieza y selección de granos**

Terminado el secado es conveniente limpiarlo de impurezas a fin de obtener un producto de mejor valor comercial. De acuerdo con los parámetros de calidad del grano del cacao exigidos por la Unión Europea, que son los que por lo general se toman como referencia en el comercio internacional del cacao, el tamaño mínimo permitido por grano es de un

gramo. Por esta razón es importante realizar una adecuada selección del grano de cacao utilizando zarandas de mallas con medidas de orificio de  $1\text{cm}^2$ , que permita pasar los granos más pequeños y retener los de mayor calibre (INIAP, 2003).

#### **2.4.2. Tostado**

El tostado es una operación muy importante en el procesado del cacao, ya que determina en gran medida el color, aroma y sabor de los derivados del cacao. Durante el tostado el color del cacao sufre pardeamiento adicional al observado durante las etapas previas de fermentación y secado. En este pardeamiento participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard. En cambio, en el aroma y sabor tienen especial influencia las diferentes temperaturas y tiempos a los que se somete la semilla durante el tostado (Ramli *et al.*, 2006).

Para el tostado de la semilla de cacao existen dos alternativas: el tostado convencional y el pre-tostado. El tostado convencional consiste en tostar las semillas aún con cáscara en hornos industriales a temperaturas comprendidas entre 100 y 150 °C durante 15 o 45 minutos, respectivamente. En cambio, el pre-tostado, como su nombre lo indica, consiste en someter a las semillas a un tratamiento térmico previo a temperaturas inferiores a 100 °C por cortos periodos de tiempo (15 minutos) para desprender la cáscara de la semilla y posteriormente someterla de manera directa a otros niveles de temperatura u otros procesos (Ramli *et al.*, 2006).

La selección del método de tostado es importante, ya que con él se alcanzan indicadores clave del proceso, tales como bajar la cuenta bacteriana, facilitar el descascarado y mejorar el color (Anon, 1995), con temperaturas de entre 110 y 150 °C se favorece el desarrollo de los componentes del color, aroma y sabor, que se inicia durante la fermentación. En la industria, el método más empleado es el tostado convencional bajo el sistema convectivo, que realiza el tueste de la semilla con cáscara, con circulación o

transmisión de aire caliente a temperaturas que oscilan entre 130 y 150 °C por 15 y 45 minutos (Nebesny y Rutkowski, 1998).

El tostado se realiza con tres propósitos: disminuir la humedad de los granos de 7-8 a 2,5%; eliminar compuestos volátiles no deseados (por ejemplo, ácido acético) y generar nuevos compuestos volátiles (aroma de origen térmico). Los precursores formados durante la fermentación y el secado son los que participan en la formación de este aroma térmico. Las principales reacciones químicas que desarrollan durante el tostado son: las reacciones de Maillard, caramelización de azúcares, degradación de proteínas y la síntesis de compuestos azufrados (reacciones menores). Las reacciones de Maillard en el grano de cacao ocurren entre los azúcares reductores (glucosa y fructosa) y aminoácidos libres o péptidos de cadena corta. Mediante estas reacciones se producen componentes específicos del aroma y sabor del cacao, tales como éteres, fenoles, ácidos, ésteres, aldehídos, cetonas, pirazinas, pirroles, entre otros, que contribuyen en notas aromáticas a frutal, floral, nuez, almendra, caramelo, malta y chocolate, que le otorgan agradable impresión sensorial (Nebesny y Rutkowski, 1998).

Las condiciones de tostado deben ser las adecuadas a la variedad de cacao, ya que las altas temperaturas y tiempo prolongado de tostado eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma (Cros, 2004).

#### ***2.4.3. Descascarillado de los granos tostados***

En este punto, mediante máquinas se retira la “cascarilla” que lo recubre, no deseada en la fabricación de chocolate, donde el interior del grano ya partido o nib de cacao continúa el proceso de fabricación (Braudeau, 1970).

#### ***2.4.4. Almacenaje de los granos tostados***

Las almendras de cacao se almacenan fermentadas y secas, son higroscópicas (absorben vapor de agua) y su contenido de humedad puede aumentar sobre el 7% en condiciones de almacenamiento inadecuadas, con el consiguiente desarrollo de hongos e insectos que

destruyen los cotiledones pues viven de ellos. Además, causan el incremento de ácidos grasos libres que representan un importante problema de calidad para los fabricantes de chocolates. La presencia de micotoxinas, debido a la contaminación fungosa, es otro problema que afecta la calidad del cacao. Estas características y riesgos demandan que para el almacenamiento del cacao se les destine un lugar exclusivo, cerrado, limpio y ventilado. Hay que evitar el almacenamiento junto con otros productos vegetales o minerales. En condiciones tropicales el cacao no debe permanecer almacenado por más de tres meses (Braudeau, 1970).

#### **2.4.5. Evaluación sensorial del cacao**

Degustar un alimento o “catarlo” significa probarlo con la intención de evaluar su calidad sensorial. La palabra *cata*, de origen griego, es sinónimo de prueba, con la que el degustador (persona seleccionada) valora sensorialmente un alimento a través del gusto, color, textura, etc., comparando con modelos establecidos (Sancho *et al.*, 1999).

La evaluación sensorial es importante para la industria de alimentos, para los profesionales encargados de la estandarización de procesos y productos y para los encargados de la producción y promoción de los productos alimenticios, ya que deben conocer la metodología apropiada que les permita evaluar los alimentos haciéndolos competitivos en el mercado. La evaluación sensorial surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y su promoción y venta (“marketing”). (Sancho *et al.*, 1999).

Este último punto es primordial, ya que se piensa desde un comienzo en el impacto que puede generar el producto en el consumidor final; es importante tener en cuenta la opinión del consumidor desde el momento de la etapa del diseño del producto, para así

determinar las especificaciones de acuerdo con las expectativas y necesidades del mercado y, por consiguiente, del consumidor (Hernández, 2002).

La evaluación sensorial como método utiliza panelistas previamente entrenados para medir, analizar e interpretar las reacciones de los sentidos (vista, olfato y gusto) frente a las características de los alimentos. En el caso del cacao, se requieren procesos bien llevados de fermentación y secado para construir la calidad, tanto en la dimensión física como la sensorial, ambas importantes para la comercialización del cacao. El cacao cosechado durante la época lluviosa logra mayores índices de fermentación que en la época seca, con un mayor potencial para producir perfiles sensoriales apreciados por la industria. Las cualidades sensoriales del cacao se desarrollan y expresan normalmente con periodos de fermentación y secado que son estandarizados para zonas y tipos de cacao, con base en estudios previos (Braudeau, 1970). Los precursores del sabor que se forman durante la fermentación se recombinan durante el tostado de las almendras para expresar el aroma típico del cacao y chocolate (Cros, 2004).

El juez de análisis descriptivos o discriminativos complejos está en capacidad de evaluar pruebas que involucren escalas de procedimientos de calificación de cierta complejidad; jurados que por lo general están compuestos de 3 a 10, de 7 a 15 y de 4 a 8 miembros, según el IFT (1981) y Larmond (1977).

Las condiciones de torrefacción o tostado se calibran y aplican según el tipo de cacao que se procesa. El tostado prolongado con alta temperatura, por ejemplo 140-150 °C, elimina las especificidades aromáticas de los cacaos finos, y, por el contrario, favorece el desarrollo de aromas de naturaleza térmica, con base en la presencia de azúcares reductores (glucosa y fructuosa), que son también compuestos precursores del sabor, junto con otros como los aminoácidos y péptidos (Rohan, 1964). Si la temperatura de tostado es alta por mucho tiempo, las almendras terminan por quemarse. El sabor a quemado ocurre cuando ya no existe fructuosa en el grano (Cros, 2004; Ramos, 2004).

Sabores como amargor, astringencia, acidez, azucarado, se perciben en las almendras de cacao por la presencia de compuestos no volátiles como alcaloides, polifenoles, etc. La astringencia de las almendras disminuye a medida que avanza la maduración de las mazorcas, aparentemente por la condensación de los polifenoles (Calderón, 2002; Cros, 2004). Esa es la razón por la que hay que evitar la cosecha de mazorcas pintonas, o que aún no han terminado de madurar, ya que afecta la calidad final del producto fermentado.

Según Sancho *et al.* (1999), en el licor de cacao preparado para degustación se identifican tres grupos de sabores (básicos, específicos y adquiridos) como se muestra en la Figura 5 y se describe a continuación:

#### **Sabores básicos:**

**Acidez:** describe licores con sabor ácido; expresan la presencia de ácidos volátiles y no volátiles; se percibe en toda la lengua. Referencias: frutas cítricas, vinagre.

**Amargor:** describe un sabor fuerte y amargo, en respuesta a una falta de fermentación. Referencia: café, cerveza, toronja.

**Astringencia:** describe un sabor fuerte también por falta de fermentación; se expresa como sequedad en la boca producto de la precipitación de las proteínas en la saliva; va acompañada de incremento en la salivación; se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. Referencia: cacao no fermentado, mango verde, hojas de plátano, carambola pintona.

**Dulce:** se percibe sensación dulzaina.

#### **Sabores (aromas) específicos:**

**Cacao:** describe el sabor típico de granos de cacao bien fermentados, secos, tostados y libres de defectos. Referencia: barras de chocolate negro, cacao fermentado y tostado.

**Floral:** describe aroma de flores, con tonos perfumados. Referencia: lilas, violetas, flores de cítricos.

**Frutal:** describe el sabor y aroma a fruta madura, combinado con notas dulzainas agradables. Referencia: cualquier fruta seca madura, fruta cítrica madura y seca; ciruelas pasas.

**Nuez:** describe el sabor y aroma de almendras y nuez.

### **Sabores adquiridos (normalmente defectos):**

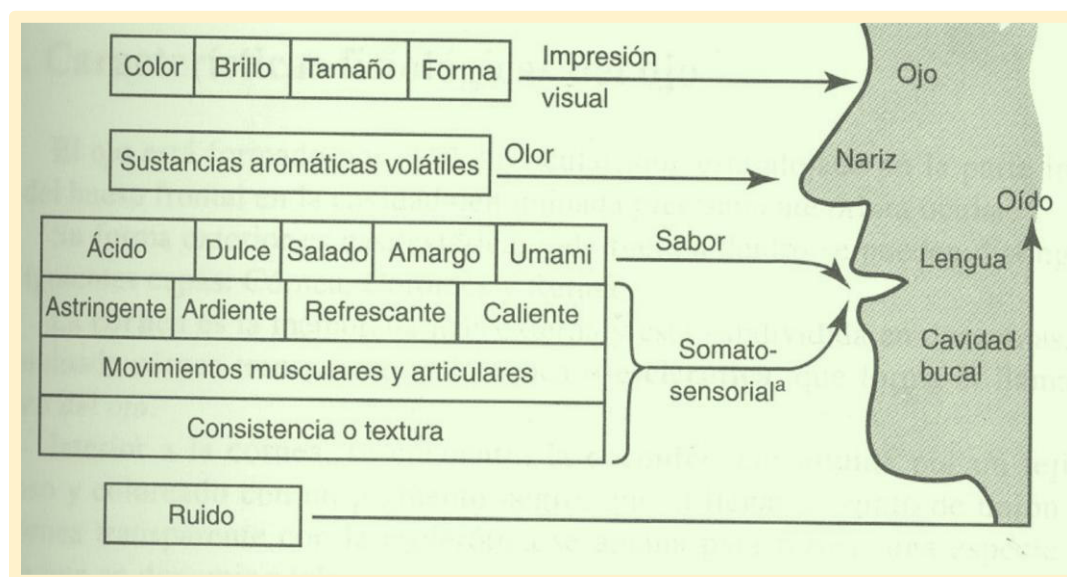
**Moho:** describe licores o pasta de cacao con sabor mohoso por sobrefermentación de las almendras o por un secado incorrecto que favorece la proliferación de hongos. Referencia: sabor a pan viejo, musgo, olor a bosque.

**Químico:** describe licores o pasta de cacao contaminado por combustible, plaguicidas, desinfectantes y otros productos.

**Verde/crudo:** describe características sensoriales que demuestran la insuficiencia de fermentación, o tostado incompleto.

**Humo:** describe licores y pasta de cacao contaminados por humo de madera, usualmente por el uso de prácticas de secado artificial. Referencia: humo de madera, notas fenólicas, jamón.

**Metálico:** describe licores o pasta de cacao en los que se perciben notas metálicas; origen poco conocido; una de las fuentes podría ser genética (INIAP, 2009).



**Figura 5. Sensograma**

*Fuente: Sancho et al. (1999)*



## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño de la investigación

La investigación es de tipo experimental, analítica, prospectiva y transversal con la que se buscó determinar el efecto de temperatura y tiempo de tostado para el desarrollo de los caracteres sensoriales y propiedades químicas de los nibs de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6 (*Theobroma cacao* L.).

Diseño experimental.- El presente trabajo experimental está basado en un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), (Cuadro 3) con dos repeticiones, donde los tratamientos fueron temperatura y tiempo de tostado para las variedades CCN-51 e ICS-6. Los tratamientos fueron analizados estadísticamente con las pruebas no paramétricas de Wilcoxon y Friedman.

**Cuadro 3. Diseño experimental (DBCA)**

Bloques	T = 120 °C	T = 130 °C	F
CCN-51	T = 120 °C $\theta = 50$	T = 130 °C $\theta = 50$	$\theta = 50$
	T = 120 °C $\theta = 40$	T = 130 °C $\theta = 40$	$\theta = 40$
ICS-6	T = 120 °C $\theta = 50$	T = 130 °C $\theta = 50$	$\theta = 50$
	T = 120 °C $\theta = 40$	T = 130 °C $\theta = 40$	$\theta = 40$
	T = 120 °C	T = 130 °C	F

### **3.2. Unidad de análisis**

Para el estudio se utilizaron las almendras de cacao fermentadas y secas de las variedades (CCN-51 e ICS-6) más representativas del distrito de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín, Perú. Dichas almendras se extrajeron al azar de una población de granos de cacao y fueron sometidas a tratamientos de tostado frecuentemente empleadas en la industria a fin de evaluar su efecto en los caracteres sensoriales y propiedades químicas para determinar la mejor combinación de parámetros (variedad, temperatura y tiempo de tostado).

En el Cuadro 4 se observa la operacionalización de variables para el tratamiento térmico de las variedades CCN-51 e ICS-6.

**Cuadro 4. Operacionalización de variables para el tostado de las dos variedades de cacao**

Variables	Referencia	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
Caracteres sensoriales del cacao tostado (Variable dependiente)	Descripción de caracteres que quieren evaluarse de manera cualitativa y cuantitativa	Evaluación sensorial	Atributos positivos: Sabor a cacao, cítrico, frutal, floral, nuez. Atributos negativos: Acidez acética, láctica, butírica, crudo, astringencia, amargor y aroma negativo	0 - 5 = bajo 6 - 8 = medio 8 - 10 = alto
Las diferentes temperaturas y tiempos de tostado para las dos variedades estudiadas (Variable independiente)	Determinación de la mejor temperatura y tiempo de tostado para cada una de las variedades estudiadas	Tostado CCN-51	Temperatura y tiempo	120 y 130 °C 40 y 50 min
		Tostado ICS-6	Temperatura y tiempo	120 y 130 °C 40 y 50 min
Análisis proximal (Variable dependiente)	Determinación de humedad (AOAC. 931.04 2012) Grasa (AOAC. 96.15 2012) Proteínas (AOAC. 970.02 2012) cenizas (AOAC. 972.15 2012) carbohidratos (por diferencia de 100)	Humedad (NT-ISO-2291: 2006)	% de humedad	Cantidad de agua por cada 100g de nibs de cacao
		Grasa	% de grasa	g de grasa por cada 100g de nibs de cacao
		Proteínas	% de proteínas	% de N * 6,25
		Carbohidratos	% de carbohidratos	% C.T. = 100 - (% proteína cruda + % de grasa cruda = % de cenizas)
		Cenizas	% de cenizas	g de cenizas por cada 100g de nibs de cacao
Contenido de polifenoles totales (Variable dependiente)	Contenido de polifenoles en los nibs de cacao. Método Folin-Ciocalteu	Polifenólicos totales	Concentración de polifenólicos	mg de ácido gálico/g de nibs de cacao
Perfil de ácidos grasos (Variable dependiente)	Contenido de ácidos grasos. ISO 12966-1:2014 (AOAC 920.75)	Ácidos grasos: saturados, monoinsaturados y poliinsaturados	% de ácidos grasos	mg/g de nibs de cacao

### **3.3. Población de estudio**

Los granos de cacao de las variedades CCN-51 y ICS-6 fueron adquiridos en el distrito de Uchiza, ubicado a 544 msnm, en cantidad suficiente para realizar el estudio.

### **3.4. Tamaño de muestra**

Lotes de 8kg de cada una de las variedades y por cada tratamiento, con 16 unidades experimentales, que hacen un total de 128kg para las dos variedades.

### **3.5. Selección de muestra**

La selección de la muestra se realizó por el muestreo aleatorio simple.

### **3.6. Técnica de recolección de datos**

Está constituida por el trabajo experimental, y la técnica de investigación es el análisis documental. El instrumento de evaluación sensorial del grado de satisfacción y aceptabilidad fueron las fichas guías de cata de nibs de cacao tratados térmicamente que fueron validados por DUICT (2015).

Se realizó en el Laboratorio de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

#### **3.6.1. Materia prima**

Las variedades de cacao fueron: CCN-51 (Colección Castro Naranjal) e ICS-6 (Imperial College Selection).

#### **3.6.2. Procedimientos y técnicas**

##### **3.6.2.1. Equipos y materiales:**

- Balanza analítica OHAUS, adventurer
- Centrifuga eléctrica (Hettich-Universal 320R)
- Cromatógrafo de gases (CG) marca Hewlett Packard, modelo 5880 – A
- Embudo Buchner
- Envases herméticos de vidrio Senna

- Equipo Soxhlet
- Espectrofotómetro visible (Thermo Spectronic, Genesys 20)
- Estufa eléctrica con ventilador interna (Venticel)
- Pipetas Hirschmann
- Probeta Hirschmann
- Tostador IMSA Perú de 10 Kg (Figura 9)
- Tubo de ensayo Senna

#### **3.6.2.2.    *Reactivos***

- Ácido gálico (Sigma, MO,USA)
- Ácido sulfúrico concentrado (Merck)
- Arsenato de sodio (Merck)
- Arsenato monoácido de sodio (Merck)
- Bicarbonato de sodio (Merck)
- Carbonato de sodio deshidratado (Merck)
- Cloroformo HPLC (J.T. Baker)
- Cloruro de Hierro III (Merck)
- Cloruro de potasio (Merck)
- Etanol HPLC (J.P. Baker)
- Éter de petróleo (Sigma)
- Ferrocianuro de potasio (Sigma)
- Metanol HPLC (J.P. Baker)
- Molibdato de amonio (Sigma)
- Reactivo de folin-ciocalteu (Sigma)
- Sulfato de cobre  $\text{CuSO}_4$  (Merck)
- Sulfato de sodio anhidro (Sigma)
- Tartrato de sodio y potasio (Merck)

### **3.7. Evaluación pos cosecha**

#### **3.7.1. Determinación del grado de fermentación**

Se realizó con el método de la prueba de corte utilizando guillotina, con la que se practicó un corte longitudinal por la parte central de 100 granos de cacao. Luego del corte se evaluaron visualmente las almendras de cacao según Indecopi (2006a) (NTP-ISO-1114:2006). El porcentaje de almendras de cacao fermentado fue calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%F = \frac{(Nf \times 100)}{100 \text{ gramos}}$$

%F = Porcentaje de fermentación

Nf = Número de granos bien fermentados

#### **3.7.2. Análisis proximal**

La determinación de: % de humedad (AOAC 931.04 2012), % de grasa (AOAC 963.15 2012), % de cenizas (AOAC 972.15 2012), % de proteínas (N X 6,25) (AOAC 970.02 2012) y % de carbohidratos totales por diferencia del total.

#### **3.7.3. Contenido de polifenoles totales**

Se determinó por el método de Folin-Ciocalteu, para lo cual se pesó 1g de muestra (granos de cacao) seca y molida, la grasa fue extraída con 100ml de éter de petróleo en un equipo soxhlet durante 4h. Se centrifugó y evaporó el solvente y se pesaron aproximadamente 400mg del material desgrasado en tubos de centrífuga y se extrajo con 5ml de metanol, se agitó la mezcla con ayuda de ultrasonido por espacio de 1h. Se centrifugaron los tubos (10 °C, 5 000 rpm por 10 min) y se concentró el sobrenadante.

A partir de este extracto se preparó una solución a la concentración de 1mg/mL (empleando etanol al 80% como solvente). A 20 µl de esta solución se añadió

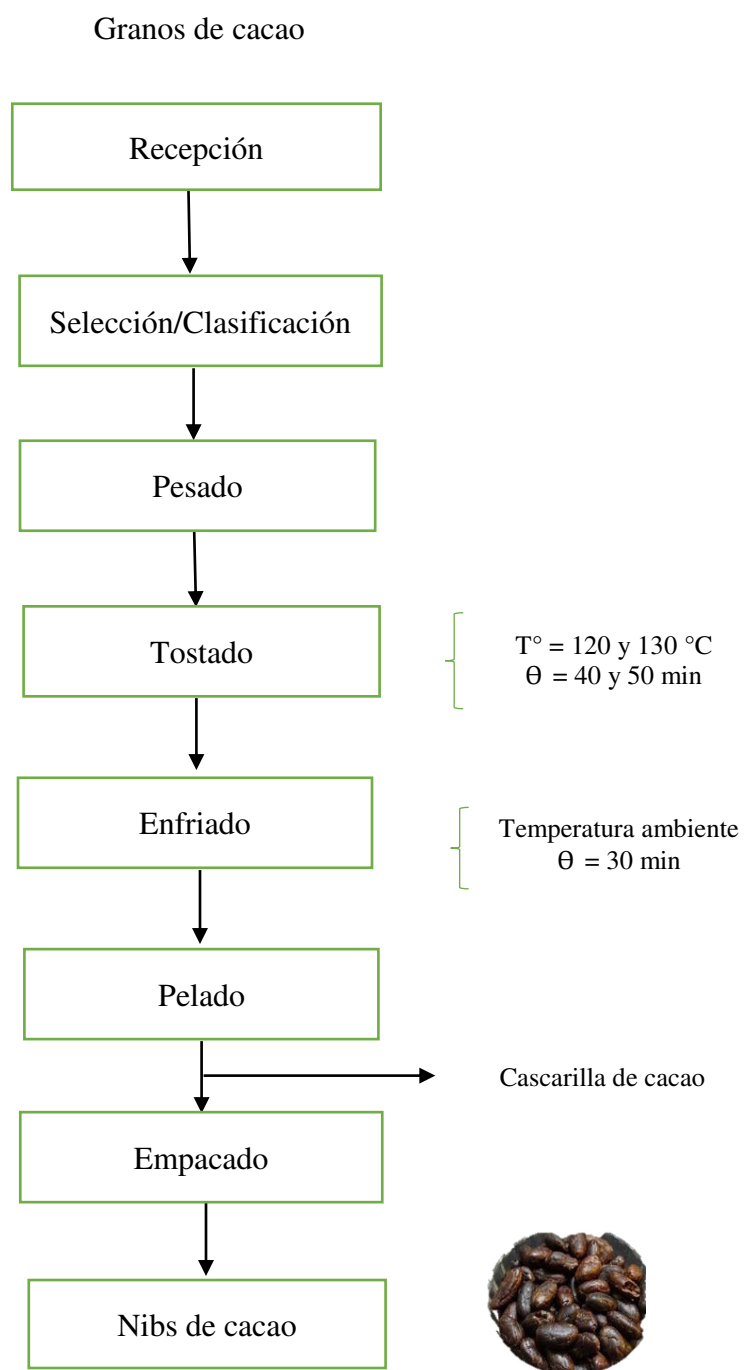
0,25mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Folin-Ciocalteu 2N: agua tipo 1,1:10). Posteriormente se agregaron 1 250 $\mu$ l de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 6% (w/v) y 0,5mL de agua ultra pura. Se dejó en reposo durante 90 min a temperatura ambiente en lugar oscuro, para finalmente medir la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 750nm. Se preparó la curva de calibración de ácido gálico (Sigma MO, USA) en un rango de concentraciones de 1-5 $\mu$ g/mL (Nsor-Atindana *et al.*, 2012).

#### **3.7.4. Determinación del contenido de ácidos grasos**

Se determinó por el método ISO 5509-78 e ISO 5508-1990 Animal and Vegetable Fats and Oils. Analysis by Chromatography of Methyl Esters of Fatty Acids. El método consiste en moler los granos de cacao y extraer la grasa con éter de petróleo. La grasa (fosfolípidos y triglicéridos) se saponifica y metila con NaOH 2N y HCl 2N en metanol, respectivamente. Los ácidos grasos metilados son inyectados al cromatógrafo de gases donde se separa por arrastre del hidrógeno, el gas de arrastre a través de la fase estacionaria de la columna. Los resultados se reportaron como porcentaje relativo del total de contenido de ácidos grasos (Referencia de la norma Prevot y Modret, Revue Francaise des cops gras, 23 anne, n° 7-8, 1976).

#### **3.7.5. Obtención de los nibs de cacao**

Para la obtención de los nibs de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6 se utilizó el tostador marca IMSA (Figura 6; anexo 2b), y se siguió el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 7.



*Figura 6. Flujograma para la obtención de nibs de cacao*



### **3.7.6. Descripción de las etapas del proceso**

- Recepción.- los granos de cacao fermentado y seco fueron recibidos en el Laboratorio de Tecnología de los Alimentos de la FOPCA-UNFV, procedentes del fundo “Terra Nostra”, ubicado en el distrito de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín, cuyas coordenadas geográficas de Uchiza según el Instituto Geográfico Nacional del Perú son: Latitud 08° 27’ 12” S y Longitud 76° 27’ 47” W.
- Selección y clasificación.- se seleccionaron y clasificaron los granos de cacao fermentado y secado, eliminando los deteriorados.
- Pesado.- se pesaron los granos de cacao clasificados, 8kg por tratamiento, los cuales se colocaron en bolsas de polietileno y en cajas rotuladas.
- Traslado.- los granos de cacao fueron trasladados a la sala de proceso de Choco Museo.
- Tostado.- los 8kg de granos pesados previamente se colocaron en el tostador (marca IMSA Perú - capacidad 10kg), acondicionados de acuerdo con los parámetros del Cuadro 3.
- Enfriado.- los granos tostados se dejaron reposar por unos minutos y luego el enfriado a temperatura ambiente por 30 min.
- Pelado.- en esta operación se procedió al pelado manual de los granos de cacao tostados.
- Empacado.- se realizó en bolsas de polietileno, que se colocaron en cajas rotuladas indicando el tratamiento al que fue sometido.
- Almacenamiento.- a 20 °C y 50-60% HR.

### **3.8. Evaluación sensorial (catación) de los nibs de cacao**

La evaluación sensorial estuvo a cargo de seis catadores expertos, quienes emplearon la ficha guía para la cata de cacao (DUICT, 2015), anexo 1, en la que el catador utiliza sus sentidos para validar siete atributos de la muestra de cacao, presentes en la ficha.

En la ficha se incluyen, además, secciones para comentarios finales, puntaje del catador y puntaje total.

La escala de medición va de 0 - 10 (0 ausencia; 1-3 ligeramente presente; 3-5 moderadamente presente; 5-7 fuertemente presente; 7-8 muy fuerte; mayor a 8 intenso). Para amargor y astringencia, la relación es inversa (a mayor amargor/astringencia la calidad será menor y viceversa). Los atributos sensoriales evaluados fueron:

1. Olor/fragancia, se deben tener en cuenta los olores/fragancias positivas como: dulce (piña confitada, caramelo, chocolate, miel, chancaca o panela), nuez (maní, almendras, pecanas, pistacho y otras nueces), especias (pimienta, comino, orégano, laurel, canela, clavo de olor), flores (aroma de rosas y otras flores), frutas (manzana, plátano, melón, piña, cereza, uva, lúcumas), frutos secos (guindones, pasas, higo, cereza seca, durazno seco, fruta confitada). Se tendrán en cuenta los olores/fragancias negativos como: tierra, hierbas, moho, descomposición y contaminantes.
2. Acidez, se tendrán en cuenta los olores/fragancias como ácido acético (vinagre, agrio), ácido cítrico (limón, naranja, moras, pomelo, lima, frambuesas, grosellas y arándanos, piña, cerezas, tomate, pimienta, alcachofa, fresas, bayas de sauco, grosellas rojas y negras), ácido carbónico (coca-cola), ácido nítrico (carne pútrida), ácido láctico (leche cortada, yogurt), ácido málico (manzana), ácido butírico (mantequilla o alimentos grasos en general, tanto de origen animal como vegetal en proceso de descomposición), ácido tartárico (uvas, tamarindo, vino).
3. Amargor, se tendrá en cuenta el sabor amargo de sustancias puras o mezclas; se califican en forma inversa a la intensidad. Alto de 0-2 (aspirina, achicoria, hoja de verbena, hercampuri), medio alto 2-4 (piel de toronja), medio 4-6 (5g

de café soluble en 100mL de agua), medio bajo 6-8 (médula de limón dulce), bajo 8-10 (médula de lima).

4. Astringencia, se tendrá en cuenta el sabor astringente, se califican en forma inversa a la intensidad. Alto de 0-2 (médula de pecanas, marañón “casho” verde), medio alto 2-4 (cáscara de plátanos, carambolas pintonas), medio 4-6 (granada, manzana verde, caqui verde), medio bajo 6-8 (guanábana madura), bajo 8-10 (casi no se percibe astringencia).
5. Sabor/aroma, en este atributo solo se evaluarán los atributos positivos para no involucrar a los demás atributos. Cinco (5) (para muestras de sabor plano que no se percibe), siete (7) (los sabores que se perciben en la muestra son buenos), ocho (8) (los sabores que se perciben son muy buenos), diez (10) (los sabores que se perciben son excelentes, perfectos muy agradables) la cantidad calificada se multiplica por dos por ser una característica importante para el cacao.
6. Limpieza, se define por la ausencia de defectos. Se deben tener en cuenta los defectos (tierra, hierbas, moho, descomposición, contaminantes), no son considerados como sabores defectuosos (amargor, astringencia, acidez) no se valora la intensidad de los defectos; por lo tanto, si no hay defectos es altamente limpio, con puntaje de calidad alto y si hay muchos defectos la muestra es baja en limpieza y su puntaje también será bajo. Alto (no hay presencia de sabores defectuosos), medio alto (hay presencia de defecto leve que se puede nombrar), medio (presencia de defectos fácilmente perceptibles y distrae de los aspectos positivos), medio bajo (sabor fuerte de un defecto o una combinación de sabores defectuosos), bajo (defecto de los defectos que dominan la muestra son graves y extremadamente malos).
7. Postgusto, sabores que quedan al final de la cata, cuando la muestra se ha disuelto completamente, y estos pueden ser agradables o desagradables.
8. Comentario, el catador resumirá sus apreciaciones positivas y/o negativas, anotará algunas características que no ha descrito durante el proceso de análisis.

9. Puntaje del catador, el catador valorará su apreciación final teniendo en cuenta el balance, la armonía y todas sus características de la muestra. Calificará de cero (0) a diez (10) puntos. El catador sumará todos los puntajes que le asignó a la muestra en los distintos factores analizados, lo que colocará en el puntaje general cuyo valor máximo es de 72 puntos. En el anexo 1 se muestra la ficha de evaluación sensorial. El catador debe tener presente que la puntuación mínima es 0 y la máxima 90 puntos, debido a que la ficha está diseñada con una mínima y una máxima puntuación. Se categorizan las muestras de cacao según el puntaje que obtienen, (0 - 65 puntos = cacao corriente), (65 - 90 puntos = cacao de calidad), (DUICT, 2015). Los resultados de las evaluaciones sensoriales, el puntaje total por cada variedad y tratamiento, se analizaron estadísticamente por las pruebas no paramétricas de Wilcoxon y Friedman. El tratamiento con mayor puntaje para cada variedad fue sometido a la siguiente evaluación:

### **3.9. Evaluación pos tratamiento**

#### ***3.9.1. Análisis proximal***

Determinación de: % de humedad (AOAC 931.04 2012); % de grasa (AOAC 963.15 2012); % de ceniza (AOAC 972.15 2012); % de proteína cruda (% NX 6,25) (AOAC 970.02 2012), y % de carbohidratos por diferencia del total (Álvarez, 2007).

#### ***3.9.2. Contenido de polifenoles totales***

Se determinó por el método de Folin-Ciocalteu para lo que se pesó 1g de muestra (nibs de cacao) seca y molida, la grasa fue extraída con 100mL de éter de petróleo en un equipo soxhlet durante 4h. Se centrifugó y evaporó el solvente y se pesaron aproximadamente 400mg del material desgrasado en tubos de centrifuga y se extrajo con 5mL de metanol, se agitó la mezcla con ayuda de ultrasonido por espacio de 1h. Se centrifugaron los tubos (10 °C, 5 000 rpm por 10 min), se concentró el sobrenadante.

A partir de este extracto se preparó una solución a una concentración de 1mg/mL (empleando etanol al 80% como solvente). A 20µl de esta solución se le añadió 0,25mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Folin-Ciocalteu 2N: agua tipo 1,1:10). Posteriormente se agregaron 1 250µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 6% (w/v) y 0,5mL de agua ultra pura. Se dejó en reposo durante 90 min a temperatura ambiente en un lugar oscuro, para finalmente medir la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 750nm. Se preparó una curva de calibración de ácido gálico (Sigma MO, USA) en un rango de concentraciones de 1-5µg/ml (Nsor-Atindana *et al.*, 2012).

### **3.9.3. Determinación del contenido de ácidos grasos**

Se determinó por el método de la ISO 12966-1:2014. Animal and Vegetable Fats and Oils. Analysis by Chromatography of Methyl Esters of Fatty Acids. El método consiste en moler los nibs de cacao y extraer la grasa con éter de petróleo. La grasa (fosfolípidos y triglicéridos) se saponifica y metila con NaOH 2N y HCl 2N en metanol, respectivamente. Los ácidos grasos metilados son inyectados al cromatógrafo de gases donde son separados al ser arrastrados por el gas hidrógeno, que es el gas de arrastre a través de la fase estacionaria de la columna. Los resultados son reportados como porcentaje relativo del total de contenido de ácidos grasos (Referencia de la norma Prevot y Modret, Revue Francaise des corps gras, 23 anne, n° 7-8, 1976).

### **3.10. Análisis estadístico**

Se realizó un diseño de bloques completos al azar, 2 x 2 x 2 con dos repeticiones, con un total de 16 unidades experimentales:

$$2T^{\circ} \times 2 \theta \times 2V \times 2R = 16 \text{ unidades de tratamiento}$$

Las pruebas no paramétricas de Wilcoxon y de Friedman fueron empleadas en la evaluación estadística dado que, luego de ensayar las pruebas paramétricas (que incluyen la prueba F como parte del ANVA del DCA), en la que se probaron por lo menos dos súper críticos que son la distribución normal y la homogeneidad de la varianza, en la que basta que uno de los requisitos (normalidad y homogeneidad) no se

cumpla para optar por las no paramétricas. El objetivo de la prueba de Wilcoxon (caso de  $k = 2$  muestras relacionadas) confirma que no existen diferencias significativas que afecten el nivel de aceptación sensorial de cada nib de las dos variedades de cacao. El  $\alpha = 0,005$  (no puede ser 0,001 como se recomienda).

Friedman (caso de  $k$  muestras relacionadas) prueba de comparación de medias, se utiliza la tabla de ji-cuadrado, con los grados de libertad y  $\alpha = 0,05$ .

La prueba t-Student se utilizó para evaluar si existía diferencia significativa en el contenido de polifenoles totales, contrastando los granos con los nibs y las dos variedades estudiadas (CCN-51 e ICS-6). Los resultados se muestran en el anexo 6 (b).

El software de soporte estadístico: Minitab 15

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS**

### **4.1. Resultados de la evaluación pos cosecha de los granos de cacao**

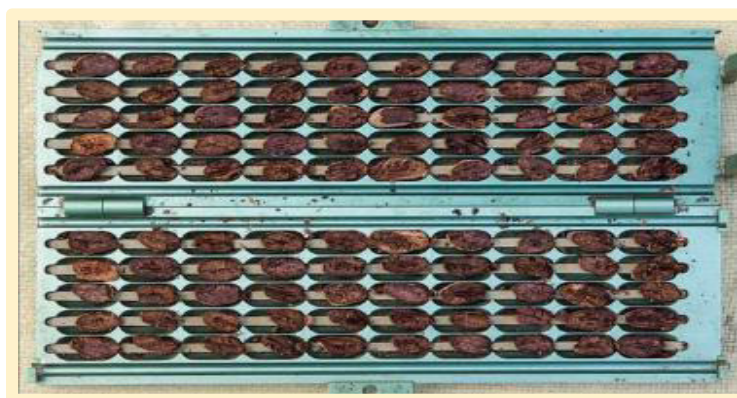
#### ***4.1.1. Determinación del grado de fermentación***

##### **Caso CCN-51**

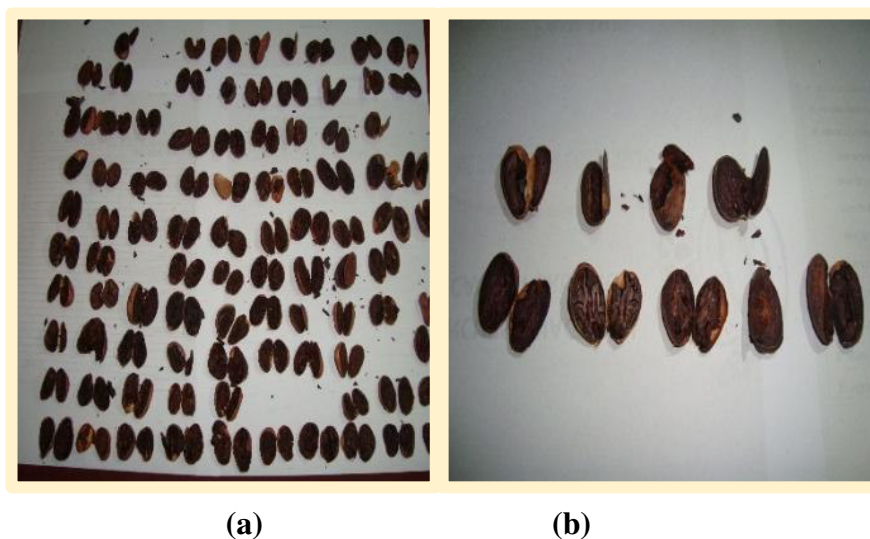
- Se determinó el porcentaje de fermentación en 100 granos de muestra obteniéndose 93% de granos bien fermentados y 7% de granos mal fermentados.
- La fermentación se realizó en seis días.
- La temperatura de fermentación alcanzó 47,4 °C.
- El pH 4,81.
- No se observaron granos mohosos, quebrados ni partidos.
- La fermentación fue en sacos de yute, tapados con hojas de plátano y plástico.

##### **Caso ICS-6**

- Se determinó el porcentaje del grado de fermentación en 100 granos de muestra obteniéndose 91% de granos bien fermentados y 9% de granos mal fermentados.
- La fermentación se realizó en cinco días.
- La temperatura de fermentación alcanzó 45,1 °C.
- El pH 4,92.
- No se observaron granos mohosos, quebrados ni partidos.
- La fermentación fue en sacos de yute, tapados con hojas de plátano y plástico.



**Figura 7. Corte de las almendras de cacao con guillotina**  
**Fuente:** Batista (2009)



**Figura 8. Corte de las almendras de cacao: (a) almendras de cacao bien fermentadas; (b) almendras de cacaos mal fermentados**

#### **4.1.2. Análisis proximal**

En los cuadros 5 y 6 se muestran los resultados del análisis proximal para los granos de cacao CCN-51 e ICS-6, respectivamente, expresados en base húmeda y en base seca, previo al tostado.



**Cuadro 5. Resultados del análisis proximal de los granos de cacao variedad CCN-51 (g/100g de granos sin tostar)**

Granos de cacao	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %	Carbohidratos Totales %	Fibra %
CCN-51 (BS)	-----	15.24 ± 0,20	45,13 ± 0,38	2,85 ± 0,09	36,78 ± 0,06	9,18 ± 0,02

*Leyenda: (BS) Base Seca*

**Cuadro 6. Resultados del análisis proximal de los granos de cacao variedad ICS-6 (g/100g de granos de cacao sin tostar)**

Grano de cacao	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %	Carbohidratos Totales %	Fibra %
ICS-6 (BS)	-----	16,16±0,11	44,76±0,06	3,26±0,02	35,82 ± 0,08	9,41 ± 0,03

*Leyenda: (BS) Base Seca*

#### **4.1.3. Contenido de polifenoles totales**

En el Cuadro 7 se muestra el resultado del contenido de polifenoles totales de los granos de cacao para las variedades CCN-51 e ICS-6.

**Cuadro 7. Contenido de polifenoles totales en granos de cacao de las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6 (mg de ácido gálico/g granos sin tostar)**

Variedad	Polifenoles Totales (mg de ácido gálico/g de granos de cacao sin tostar)
CCN-51	39,08 ± 1,35 (a)
ICS-6	32,72 ± 2,12 (b)

*Leyenda: en (a) y (b) se expresan los resultados promedio (±) la desviación estándar*

#### 4.1.4. Determinación del contenido de ácidos grasos

En los cuadros 8 y 9 se muestran los resultados del contenido de ácidos grasos, teniendo en cuenta la predominancia de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados para las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6, expresados en %, g/100g de muestra y mg/g de muestra los granos de cacao sin tostar.

**Cuadro 8. Contenido de ácidos grasos variedad CCN-51 (%; g/100g de granos de cacao y mg/g de granos de cacao)**

Granos de cacao sin tostar	%	g/100 g	mg/g
Saturados	63,25	26,25	262,50 $\pm$ 0,41
Monoinsaturados	31,76	13,18	131,80 $\pm$ 0,23
Poliinsaturados	2,93	1,22	12,20 $\pm$ 0,06

*Leyenda:* ácidos grasos más representativos (saturado: palmítico y esteárico), (monoinsaturados: oleico) y (poliinsaturados: linoleico)

**Cuadro 9. Contenido de ácidos grasos variedad ICS-6 (%; g/100g de granos de cacao y mg/g de granos de cacao)**

Granos de cacao sin tostar	%	g/100 g	mg/g
Saturados	64,77	26,40	273,40 $\pm$ 0,04
Monoinsaturados	32,25	13,57	135,70 $\pm$ 0,02
Poliinsaturados	2,83	1,19	11,90 $\pm$ 0,01

*Leyenda:* ácidos grasos más representativos (saturado: palmítico y esteárico), (monoinsaturados: oleico) y (poliinsaturados: linoleico)

## 4.2. Evaluación sensorial

### 4.2.1. Evaluación sensorial luego del tratamiento térmico

Los nibs de cacao fueron evaluados por seis jueces entrenados, cuyos resultados se muestran en el anexo 4, los que se analizaron estadísticamente por las pruebas no paramétricas de Wilcoxon y Friedman, luego de ser agrupados como se muestra a continuación:

#### Nib CCN-51:

T1 = 120 °C / 50 min

T2 = 130 °C / 50 min

T3 = 120 °C / 40 min

T4 = 130 °C / 40 min

#### Nib ICS-6:

T5 = 120 °C / 50 min

T6 = 130 °C / 50 min

T7 = 120 °C / 40 min

T8 = 130 °C / 40 min

En los cuadros 10 y 11 se muestra, por cada catador, la sumatoria de los promedios de puntuación obtenidos de la evaluación sensorial, de las variedades CCN-51 e ICS-6, sus tratamientos de temperatura y tiempo de tostado con sus repeticiones R1 y R2 de los nibs de cacao, los cuales fueron ordenados como se muestra a continuación.

**Cuadro 10. Respuesta sensorial para el nib CCN-51 en los tratamientos**

Catador	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	Σ	R1	R2	Σ	R1	R2	Σ	R1	R2	Σ
1	60 + 41 = <b>101</b>			57 + 51 = <b>108</b>			49 + 48 = <b>97</b>			52 + 48 = <b>100</b>		
2	63 + 43 = <b>106</b>			60 + 56 = <b>116</b>			51 + 50 = <b>101</b>			54 + 50 = <b>104</b>		
3	60 + 43 = <b>103</b>			57 + 50 = <b>107</b>			51 + 48 = <b>99</b>			52 + 49 = <b>101</b>		
4	40 + 58 = <b>98</b>			56 + 62 = <b>118</b>			42 + 67 = <b>109</b>			30 + 30 = <b>60</b>		
5	69 + 61 = <b>130</b>			71 + 70 = <b>141</b>			62 + 71 = <b>133</b>			70 + 65 = <b>135</b>		
6	59 + 55 = <b>114</b>			59 + 46 = <b>105</b>			53 + 56 = <b>109</b>			55 + 53 = <b>108</b>		

**Cuadro 11. Respuesta sensorial para el nib ICS-6 en los tratamientos**

Catador	T5			T6			T7			T8		
	R1	R2	$\Sigma$	R1	R2	$\Sigma$	R1	R2	$\Sigma$	R1	R2	$\Sigma$
1	$57 + 57 = 114$			$64 + 51 = 115$			$54 + 42 = 96$			$47 + 64 = 111$		
2	$55 + 56 = 111$			$63 + 50 = 113$			$57 + 52 = 109$			$44 + 64 = 108$		
3	$57 + 56 = 113$			$62 + 50 = 112$			$53 + 49 = 102$			$47 + 66 = 113$		
4	$27 + 46 = 73$			$53 + 63 = 116$			$53 + 58 = 111$			$60 + 56 = 116$		
5	$68 + 61 = 129$			$62 + 68 = 130$			$66 + 44 = 110$			$55 + 62 = 117$		
6	$60 + 57 = 117$			$49 + 46 = 95$			$58 + 55 = 113$			$45 + 53 = 98$		

En el Cuadro 12 se juntan los tratamientos de las dos variedades en una sola tabla. Con los resultados de la sumatoria total por tratamiento se tiene una sola tabla, como se puede observar en la tabla siguiente:

**Cuadro 12. Respuesta sensorial para el nib de cacao**

Catador	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	101	108	97	100	114	115	96	111
2	106	116	101	104	111	113	109	108
3	103	107	99	101	113	112	102	113
4	98	118	109	116	73	116	111	116
5	130	141	133	117	129	130	110	117
6	114	105	109	98	117	95	113	98

Para los cálculos se utilizaron los puntajes totales, la suma de los resultados de los atributos evaluados (olor, acidez, amargor, astringencia, sabor, limpieza, post gusto y puntaje catador), correspondiente a cada catador por tratamiento (anexo 1). Además de sumar sus repeticiones en uno, en ambos casos bajo el criterio más puntaje es considerado mejor.

En los análisis estadísticos realizados se observó:

Ho: A diferentes tratamientos, NO existe diferencia en la respuesta sensorial de los catadores.

H1: A diferentes tratamientos, existe diferencia en la respuesta sensorial de los catadores en al menos un par de ellos.

Criterio: Si  $X^2_{\text{calc}} < X^2_{\text{tab}}$  entonces se acepta Ho

$$k = 8$$

$$N = b = n = 6$$

$$X^2_{\text{calc}} = 18,2$$

Se usa tabla ji-cuadrado ( $X^2_{\text{tab}}$ ) con grados de libertad =  $k - 1 = 8 - 1 = 7$  y  $\alpha = 0,05$

Esto es  $X^2_{\text{tab}} = 14,0671 = 14,1$

Según minitab 15:

Valor estadístico de la prueba resulta ( $X^2_{\text{calc}}$ ): 9,60

Como:  $X^2_{\text{calc}} = 9,60 < X^2_{\text{tab}} = 14,1$  entonces se acepta la Ho.

De la prueba estadística se concluye, a un nivel de significancia de 0,05, que existe evidencia estadística para afirmar que entre los ocho tratamientos no hay diferencia en la respuesta sensorial de los catadores.

Estadísticamente no es necesario comparar los tratamientos. Sin embargo, se aplicó la prueba de comparación de medias de Friedman.

Como ayuda visual, en la Figura 10 se muestra la gráfica de cajas, prueba de comparación de medias de Friedman.

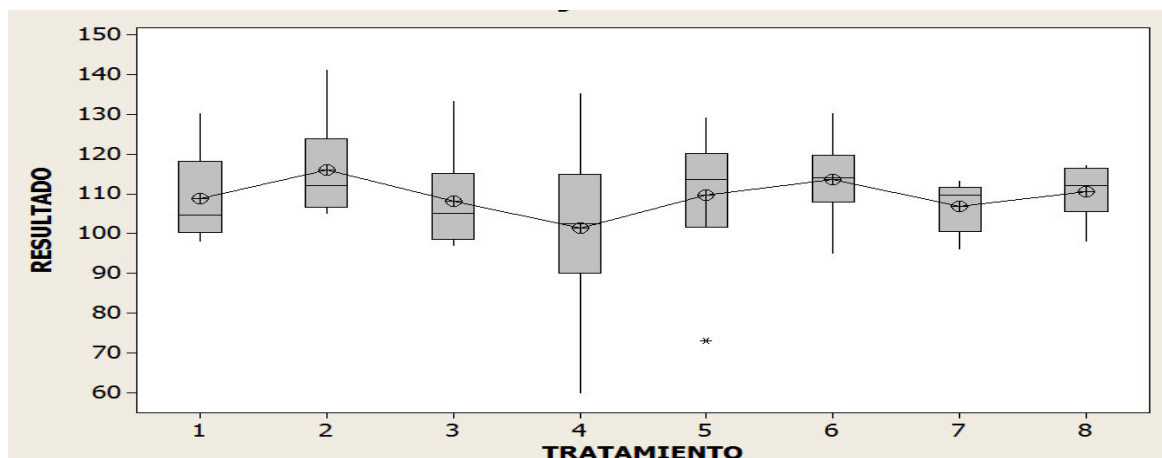


Figura 9: Gráfica de cajas de Friedman

Cuadro 13. Resumen de asignación de rangos “más es mejor” - Friedman

Catador	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	4	5	2	3	7	8	1	6
2	3	8	1	2	6	7	5	4
3	4	5	1	2	7,5	6	3	7,5
4	3	8	4	1	2	6,5	5	6,5
5	4,5	8	6	7	3	4,5	1	2
6	7	3	5	4	8	3	6	2
<b>Total (simple)</b>	25,5	37	19	19	33,5	35	21	28

Se considera:  $T_{\text{tabla}}$  con  $(k - 1)(N - 1) = (8 - 1)(6 - 1) = 35$  grados de libertad y  $1 - (\alpha/2) = 1 - (0,05/2) = 0,975$

Resultando:  $T_{\text{tabla}} = 2,032$

<b>A2:</b>	1224
<b>B2:</b>	1029.583
<b>C:</b>	66.657
<b>Fr:</b>	<b>16.590</b>

El valor diferencial o crítico de Friedman (Fr) calculado resultó = 16,590. En el anexo 7 se muestra el cuadro de prueba de comparación de Friedman.

Considerando que “más es mejor” y según la gráfica de cajas, el T2 (CCN-51 a un tratamiento de 130 °C x 50 min) sería significativamente mejor que el resto.

En las figuras 11 y 12 se observa que los tratamientos de la variedad CCN-51 e IC-6 presentan una ligera diferencia con respecto a la variedad ICS-6, cuya principal característica en ambas variedades es: sabor/aroma, obteniendo un puntaje mayor mientras que la astringencia obtiene menor puntaje. Las imágenes fueron graficadas en función de las medias y coinciden con los resultados obtenidos por la prueba no-paramétrica de Friedman, es decir no se observan diferencias entre los tratamientos, y las pocas diferencias que se encontraron fueron en los tratamientos de la variedad CCN-51, como se puede observar en las figuras 11 y 12 graficadas por QDA, para las dos variedades y sus tratamientos.

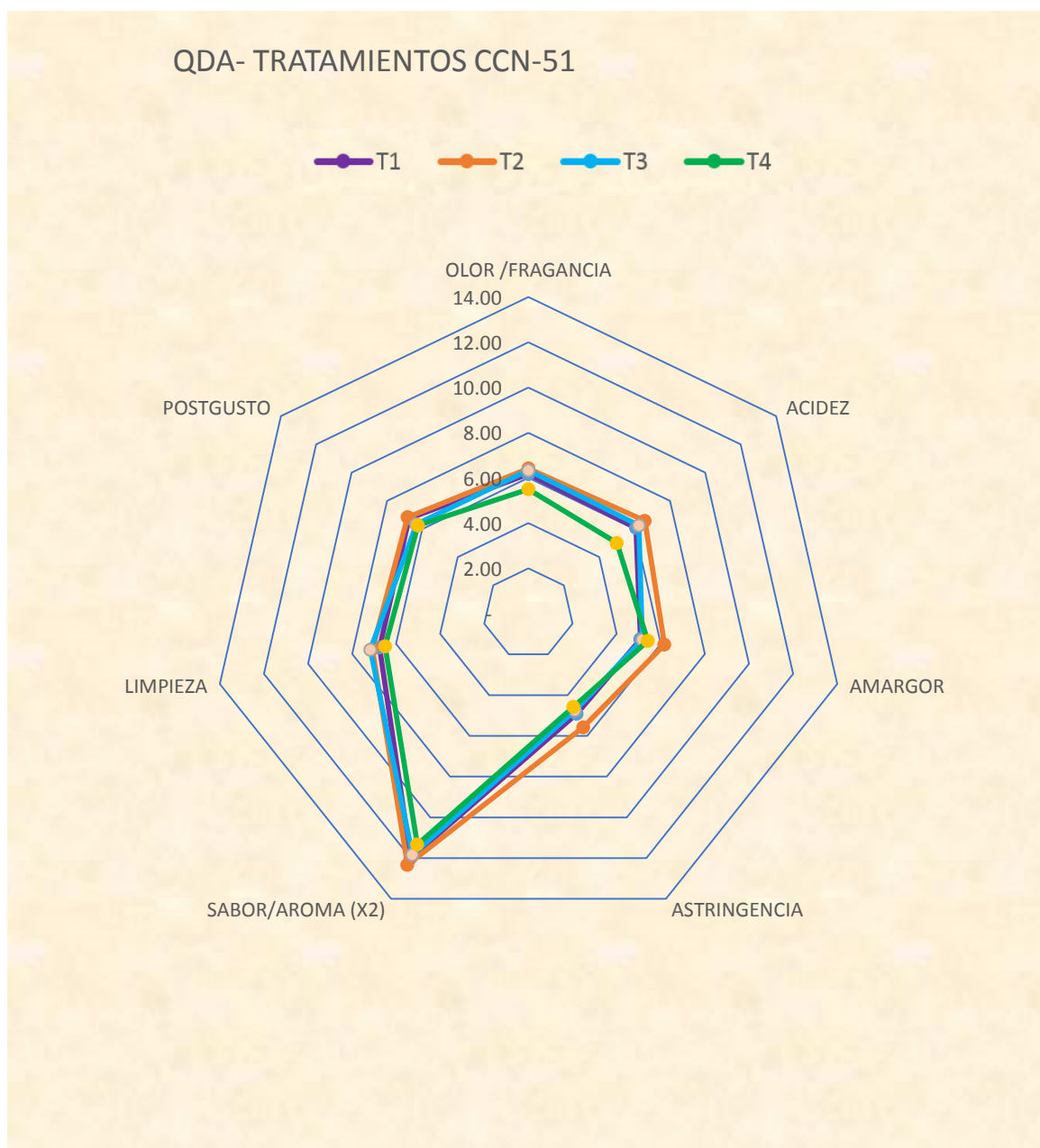
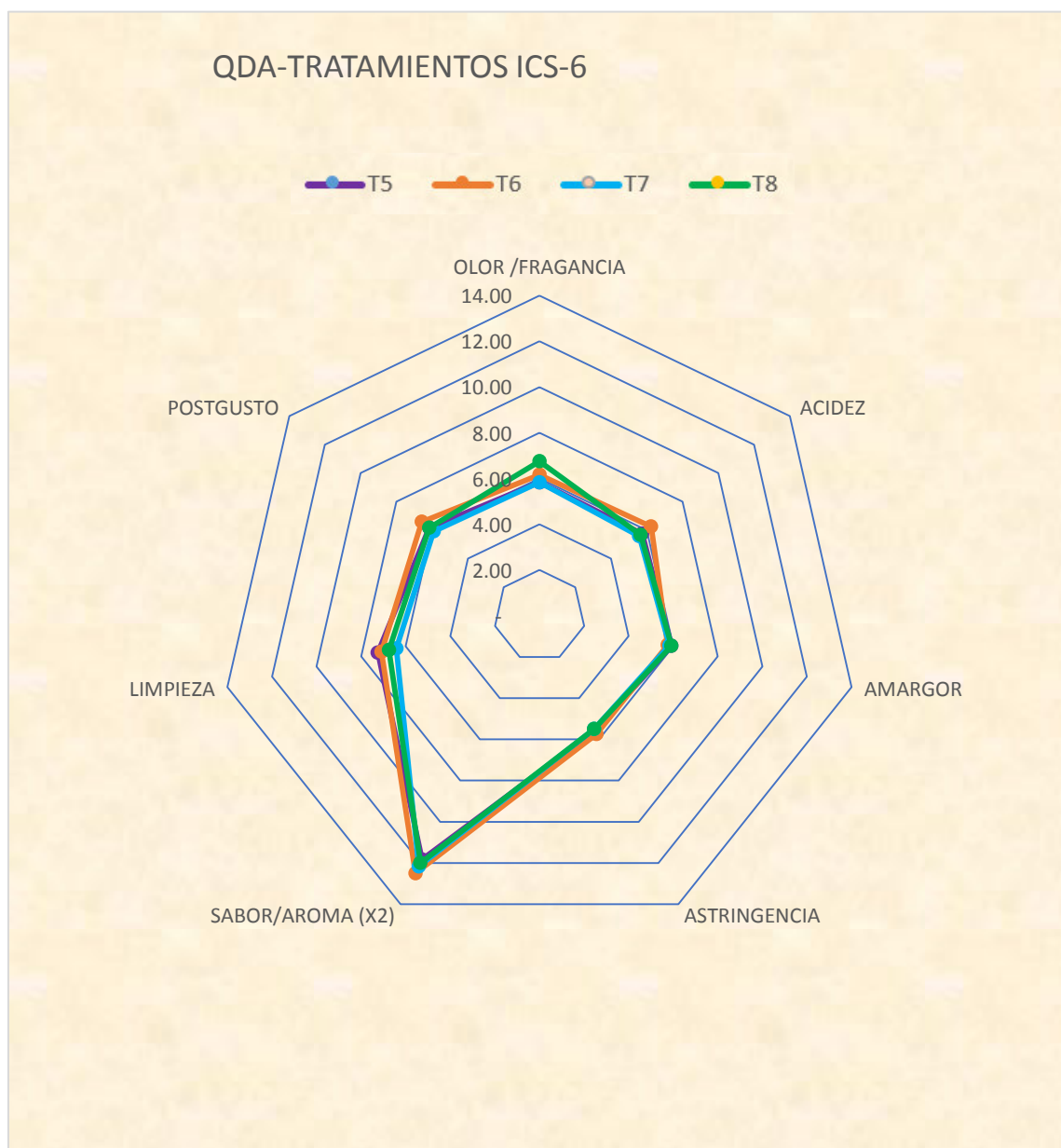


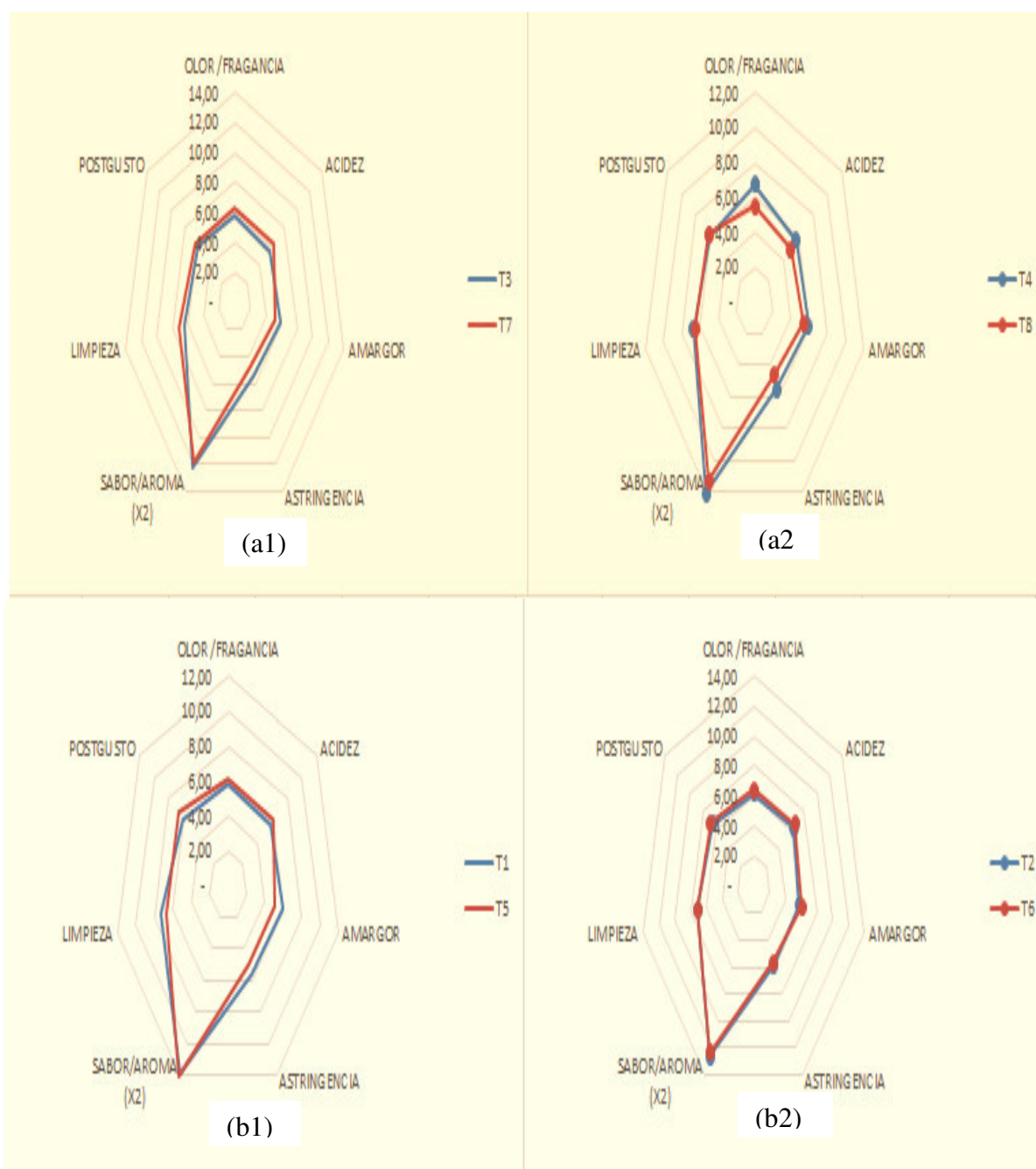
Figura 10. QDA para la variedad CCN-51





**Figura 11. QDA para la variedad ICS-6**

En la Figura 13 se muestra una comparación a nivel de medias para similares condiciones de proceso de las variedades estudiadas, en la que se puede observar que el sabor y aroma son los que sobresalen. El amargor se encuentra en un término medio, mientras que la acidez y astringencia son las que menos se perciben.



**Figura 12. Gráfica comparativa de la evaluación sensorial para condiciones similares de proceso entre las dos variedades de nibs (parte superior CCN-51 y parte inferior ICS-6)**

### 4.3. Puntuación de los jueces evaluadores a los nibs de cacao

En el Cuadro 14 se muestra la evaluación de los jueces evaluadores destacando los caracteres sensoriales más resaltantes en cada tratamiento y cada variedad, con sus respectivos puntajes promedio. En el anexo 4 se muestran los resultados de las evaluaciones dadas por los jueces, por cada tratamiento y sus repeticiones (Anzaldúa, 1994).

La prueba de Friedman indica que el mejor tratamiento sería el de CCN-51 a la temperatura de 130 °C por 50 min.

**Cuadro 14. Atributos sensoriales identificados en los nibs de cacao de las dos variedades y sus tratamientos por los jueces evaluadores**

Variedad	Nombre del tratamiento	Condiciones del tratamiento	Caracteres sensoriales: sabor, olor y aroma	Puntaje promedio de los jueces evaluadores (promedio)
CCN-51	T1	120 °C / 50 min	Aroma a cacao y frutos secos intenso, maní, nuez, pecanas, floral y frutal, acidez, amargor y astringencia moderado.	Olor / Fragancia 6,17 Acidez 6,08 Amargor 5,08 Astringencia 4,92 Sabor/Aroma 12,00 Limpieza 6,75 Post gusto 6,75
	T2	130 °C / 50 min	Olor a cítrico frutal, nuez dulce suave, maní, chocolate, acidez, astringencia y amargor ligero, sabor a plátano, manzana, ligero sobretostado, cítrico suave, ligero terroso.	Olor / Fragancia 6,42 Acidez 6,58 Amargor 6,17 Astringencia 5,58 Sabor/Aroma 12,33 Limpieza 7,08 Post gusto 6,83
	T3	120 °C / 40 min	Olor a frutas cítricas, frutos secos, floral, chocolate, amargor hercampuri, astringencia intenso toronja, resinoso, frutos verdes, acidez baja, ácido acético.	Olor / Fragancia 6,33 Acidez 6,25 Amargor 5,17 Astringencia 4,75 Sabor/Aroma 11,83 Limpieza 7,17 Post gusto 6,33
	T4	130 °C / 40 min	Ligero sabor a nuez, dulce achocolatado, frutal, acidez y astringencia alta, acético ligero, amargor fuerte a hierbas.	Olor / Fragancia 5,50 Acidez 5,00 Amargor 5,42 Astringencia 4,58 Sabor/Aroma 11,33 Limpieza 6,50 Post gusto 6,25

ICS-6	T5	120 °C / 50 min	Acidez frutal, achocolatada, sabor agradable a nuez, ligero, acidez a fruto verde, amargor leve, ácido acético, ligero olor a mantequilla.	Olor / Fragancia 5,83 Acidez 5,75 Amargor 5,92 Astringencia 5,58 Sabor/Aroma 11,83 Limpieza 7,25 Post gusto 6,17
	T6	130 °C / 50 min	Olor a café intenso, achocolatado, frutos secos nuez, cítrico limón, manzana verde, mandarina, ácido acético, plátano verde astringencia y amargor leve, ligero láctico.	Olor / Fragancia 6,17 Acidez 6,25 Amargor 5,75 Astringencia 5,75 Sabor/Aroma 12,00 Limpieza 7,08 Post gusto 6,58
	T7	120 °C / 40 min	Buen aroma achocolatado dulce, nuez, maní, panela, malta, cacao, frutal mandarina, ligero láctico, acético, acidez baja, astringencia media.	Olor / Fragancia 5,83 Acidez 5,58 Amargor 5,83 Astringencia 5,50 Sabor/Aroma 12,17 Limpieza 6,42 Post gusto 5,92
	T8	130 °C / 40 min	Agradable a frutos secos, maní, cacao acentuado, cítrico limón, mandarina, astringencia y amargor acentuada, resinoso, acidez baja, intenso butírico.	Olor / Fragancia 6,75 Acidez 5,67 Amargor 5,92 Astringencia 5,50 Sabor/Aroma 12,00 Limpieza 6,75 Post gusto 6,17

#### 4.4. Resultados del mejor tratamiento térmico

##### 4.4.1. Análisis proximal

En los cuadros 15 y 16 se muestran los resultados del análisis proximal para los nibs de cacao para las variedades CCN-51 e ICS-6.

**Cuadro 15. Resultados del análisis proximal de los nibs de la variedad CCN-51, % (g/100g de nib de cacao)**

Nib de cacao	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %	Carbohidratos totales %	Fibra %
<b>CCN51</b> (BS)	-----	13,61±0,02	47,83±0,03	2,85±0,05	35,71±0,22	7,76±0,14

*Leyenda:* Base seca (BS)

**Cuadro 16. Resultados del análisis proximal de los nibs de la variedad ICS-6, % (g/100g de nib de cacao)**

Nib de cacao	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %	Carbohidratos totales %	Fibra %
<b>ICS-6</b> (BS)	-----	14,16±0,20	47,71±0,10	3,20±0,08	34,93±0,13	8,99±0,07

*Leyenda:* Base seca (BS)

#### **4.4.2. Contenido de polifenoles totales**

En el Cuadro 17 se muestran los resultados del contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao, expresados en mg de ácido gálico por g de nib de cacao; luego del tratamiento de tostado CCN-51 experimentó reducción del contenido de polifenoles de 39,08 a 18,50, pérdida de 47,34%. Para ICS-6 experimentó reducción del contenido de polifenoles de 47,34 a 13,20, pérdida de 40,34%.

**Cuadro 17. Contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao de las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6 (mg de ácido gálico/g de nib de cacao)**

Variedad	Polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de nibs de cacao)
<b>CCN-51</b>	18,50 ± 0,57 (a)
<b>ICS-6</b>	13,20 ± 0,53 (b)

*Leyenda:* En (a) y (b) se muestran los resultados promedio (±) la desviación estándar

#### 4.4.3. Determinación del contenido de ácidos grasos

En los cuadros 18 y 19 se muestran los resultados del contenido de ácidos grasos, teniendo en cuenta la predominancia de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados para las variedades de cacao CCN-51 e ICS-6, expresados en %, g/100g de nib de cacao y mg/g de nib de cacao. En el anexo 5 se muestran los resultados del perfil de ácidos grasos y los cromatogramas correspondientes a cada variedad.

**Cuadros 18. Contenido de ácidos grasos en los nibs de cacao variedad CCN-51, % (g/100g de nib de cacao) y (mg/g de nib de cacao)**

Ácidos grasos de nib de cacao CCN-51	%	g/100 g	mg/g
Saturados	63,45	26,33	263,26 $\pm$ 0,88
Monoinsaturados	31,80	13,19	131,94 $\pm$ 0,08
Poliinsaturados	2,80	1,16	11,62 $\pm$ 0,09

*Leyenda:* ácidos grasos más representativos (saturado: palmítico y esteárico), (monoinsaturados: oleico) y (poliinsaturados: linoleico)

**Cuadros 19. Contenido de ácidos grasos, a nibs de la variedad de cacao ICS-6, expresados en % (g/100g de muestra) y (mg/g de muestra)**

Ácidos grasos de nib de cacao ICS-6	%	g/100 g	mg/g
Saturados	62,56	25,84	258,37 $\pm$ 0,13
Monoinsaturados	32,65	13,48	134,84 $\pm$ 0,09
Poliinsaturados	2,77	1,14	11,44 $\pm$ 0,01

*Leyenda:* ácidos grasos más representativos (saturado: palmítico y esteárico), (monoinsaturados: oleico) y (poliinsaturados: linoleico)

En los nibs de cacao evaluados se encontró que los ácidos grasos más representativos fueron: palmítico, esteárico, oleico y linoleico; los valores fueron: 33,25, 30,20 y 31,80%, respectivamente, para CCN-51 y valores de: 33,94, 28,62 y 32,65% para ICS-6.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

El tiempo de fermentación de los granos de cacao guardan relación con el grupo genético al que pertenecen (Moreno y Sánchez, 1989), el utilizado en la presente tesis para CCN-51 e ICS-6 fue de seis y cinco días, tal como lo recomienda Sánchez (2007). La temperatura de fermentación fue en promedio 47,4 °C para la variedad CCN-51 y 45,1 °C para la variedad ICS-6 (anexo 3a).

La forma de fermentación fue la de sacos, los cuales se apilaron en el piso (cemento pulido cubierto con hojas de plátano y plásticos), siendo esta una variante de la forma convencional que se realiza en cajas de madera (Sánchez, 2007).

El pH final para la variedad CCN-51 fue de 4,81 y para la variedad ICS-6 fue de 4,92; siendo comparables con lo reportado por Zambrano (2010) de 4,66 y 4,71 para un cacao criollo merideño (anexo 3b)

Se determinó el porcentaje del grado de fermentación en 100 granos de muestra (Figura 9), obteniéndose 93% para CCN-51 y 91% ICS-6 (Figura 10) de granos bien fermentados y el porcentaje de granos sin fermentar fue del 7% para CCN-51 (en 6 días de fermentado), 9% para ICS-6 (en 5 días de fermentado). No se observaron granos con moho ni quebrados ni partidos.

El porcentaje de fermentación alcanzado por los granos de cacao bajo los parámetros antes establecidos fue superior al reportado por Condori (2015) con 59% para granos de cacao chuncho procedentes de La Convención, Cusco, en el que el tiempo de fermentación fue de 5,5 días a temperaturas de 32,7 a 46,5 °C. Resultó conveniente el haber alcanzado un alto porcentaje de fermentación en los granos, pues una adecuada fermentación origina un cacao de buena calidad porque se mejoran los caracteres

sensoriales que, al ser convertido en chocolate, será agradable al paladar y al olfato (Portillo, 2005), lo que influye en la calidad final del producto (Camú, 2008).

Según Krysiak (2005), en el estudio “Influencia de las condiciones de tostado en la coloración de los granos de cacao tostado”, utilizaron temperaturas de 110, 135 y 150 °C por 35 y 45 min, obteniendo mejores resultados en las muestras tratadas a 135 y 150 °C, temperaturas y tiempos muy parecidos a los utilizados en el presente trabajo, concluyendo que a dichas temperaturas se alcanzan los mejores atributos sensoriales.

Lares *et al.* (2012), en el estudio “Efectos del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y contenido de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado de Miranda, Venezuela” utilizaron la temperatura de 120 °C por un tiempo corto de 20 minutos bajando luego a 80 °C y un tiempo de 240 minutos (4 horas); temperatura que también se ensayó en esta investigación con un tiempo más corto.

Díaz y Pinoargote (2012), en su trabajo “Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN-51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas”, reportan tratamientos de tostado de 120 °C/45 minutos y 140 °C/35 minutos por ser las más empleadas en la industria; rangos de temperatura que coinciden con las de este estudio y en la que concluyen que el tratamiento enzimático y térmico son importantes para el desarrollo de los caracteres sensoriales del chocolate.

Zyzeleiwicz *et al.* (2014), en su estudio “Influencia de las condiciones de tostado en la composición de los ácidos grasos y cambios oxidativos de la manteca de cacao extraídos de granos de cacao de la variedad forastero cultivados en Tongo”, utilizaron las temperaturas de 135 y 150 °C, siendo un tanto superiores a las que se emplearon en esta investigación.

El contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, empaque, transporte y almacenamiento; también constituye un criterio de identidad (Bradley,



2003) con respecto al contenido de humedad en las variedades CCN-51 e ICS-6, que muestran valores entre 6,02 y 6,37%, lo que las hacen ser consideradas como seguras y con buena vida de almacenamiento (Álvarez *et al.*, 2007), encontrándose por debajo de lo establecido en las normas cuyo límite es de 7,5% (NTP-ISO-2291, 2006).

Zambrano *et al.* (2010) al analizar los polifenoles encontraron, para granos de cacao sin tostar de la variedad criollo merideño, valores de entre 33,97 y 44,56mg de ácido gálico/g de granos sin tostar y Rivera *et al.* (2012) encontraron, en granos fermentados durante cinco días, 38,36mg de ácido gálico/g, quienes expresan que el tiempo de fermentación influye en el contenido de polifenoles totales; valores cercanos a los encontrados en la investigación 39,08 y 32,72 para CCN-51 e ICS-6 respectivamente.

Nazaruddin *et al.* (2006) establecen que el rango de polifenoles para los granos de cacao estaría en el rango de 34-60mg de ácido gálico/g de grano de cacao. La diferencia de valores encontrados puede atribuirse a las variedades de granos evaluados, así como las diferentes temperaturas y tiempos de tostado.

Condori (2015) dice que en los procesos de pos cosecha, como: fermentado, secado y tostado, hay un deterioro de los polifenoles, lo que se ha comprobado en el presente trabajo de investigación donde se ha tenido una pérdida por el tratamiento de tostado del 52,66 y 59,66% para CCN-51 e ICS-6, respectivamente (anexo 6 (b)).

Los polifenoles están relacionados con la astringencia del cacao (Sukha *et al.*, 2007). El contenido de proteínas fue de 13,61 y 14,16%, siendo superiores a las reportadas por Lares *et al.* (2012) con 12,21% para cacao de la región del estado de Miranda, Venezuela.

Los valores de grasa encontrados en las variedades CCN-51 e ICS-6 fueron de 47,85 y 47,71%, respectivamente, encontrándose dentro del promedio reportado por Lares *et al.* (2012) y Rodríguez *et al.* (2011) expresan un porcentaje de grasa del 45%.

El contenido de carbohidratos totales fue calculado por diferencia, este incluye fibra y azúcares, siendo para las dos variedades estudiadas de 35,71 y 34,93%, encontrándose un tanto superior a lo reportado por Álvarez *et al.* (2007), cuyo valor promedio fue de 27%.

El contenido de proteínas de los nibs de cacao para CCN-51 e ICS-6 fueron de 13,61 y 14,16%, siendo superiores a las reportadas por Lares *et al.* (2012) de 12,12% para cacao de la región del estado de Miranda, Venezuela.

Zapata *et al.* (2015), reportaron valores de fenoles totales para la variedad CCN-51 de 20,60mg de ácido gálico/g de grano tostado y para ICS-6 42,79mg de ácido gálico/g, de granos tostado, los que fueron tostados a 180 °C por 10 minutos, resultando un tanto superiores a los encontrados en el presente trabajo en el que se ensayó con temperaturas más bajas (120 y 130 °C) y tiempos más largos (40 y 50 min) a los reportados por Zapata.

Álvarez *et al.* (2007) reportan un promedio de ácidos grasos saturados para las variedades de cacao de la región de Cuyagua de 61%; además, establece un contenido de los siguientes ácidos grasos: 28% para palmítico, 31,5% para esteárico y 33,5% para oleico. Mientras que Condori (2015) reporta para palmítico 35%, para esteárico 28% y para oleico 34%. Lares (2012) reporta para los ácidos grasos saturados 62,91%; para los monoinsaturados 31,86% y los poliinsaturados 2,53%. Como se aprecia, los valores encontrados en la presente investigación (CCN-51 saturado: 63,43%; monoinsaturado: 31,80; poliinsaturado: 2,80. ICS-6 saturado: 62,56%; monoinsaturado: 32,65; poliinsaturado: 2,77). resultan cercanos a los reportados por otros investigadores. Sin embargo, Chire y Córdova (2005), en su licor de cacao peruano mejorado, reportan ácidos grasos saturados (59,50%), monoinsaturados (36,20%) y poliinsaturados (3,60%), teniendo valores un tanto superiores en cuanto al contenido de ácidos grasos insaturados, comparados con los encontrados en la presente investigación.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

1. El índice de fermentación alcanzado por la variedad CCN-51 fue de 93% y para ICS-6 fue de 91%. El porcentaje de no fermentados fue de 7 y 9% respectivamente de granos mal fermentados (color violeta).
2. La temperatura de tostado a 130 °C por un tiempo de 50 minutos resultó ser la que mejor para ambas variedades. Las características sensoriales de las variedades estudiadas fueron: olor/fragancia, acidez, amargor, astringencia, sabor/aroma, limpieza y post gusto, siendo el atributo más resaltante y que alcanzó mayor puntaje en todos los tratamientos y en las dos variedades el sabor/aroma (agradable a chocolate, frutal nuez, floral a frutos cítricos como manzana, mandarina), la acidez y amargor alcanzaron un puntaje medio y para la astringencia el puntaje fue bajo, atributos que se encontraron en ambas variedades siendo ligeramente superiores en la variedad CCN-51.
3. La composición proximal para los granos y los nibs de cacao para las variedades CCN-51 e ICS-6 se reportan en base seca, tanto para granos como para nibs:

CCN-51 para los granos: proteína 15,24%; grasa 45,013%; carbohidratos totales 36,78%; fibra 9,18%; cenizas 2,85%.

Para los nibs: proteína 13,61%; grasa 47,83%; carbohidratos 35,71%; fibra 7,76%; cenizas 2,85%.

ICS-6 para los granos: proteína 16,16%; grasa 44,76%; carbohidratos totales 35,82%; fibra 9,41%; cenizas 3,26%.

Para los nibs: proteína 14,16%; grasa 47,71%; carbohidratos 34,93%; fibra 8,99%; cenizas 3,20%. De los resultados obtenidos para los granos y los nibs de cacao se concluye que no presentan diferencias significativas entre ambas.

4. El contenido de polifenoles totales para los granos y los nibs de cacao fueron:  
CCN-51: 39,08mg de ácido gálico/g de grano de cacao.  
CCN-51: 18,50mg de ácido gálico/g de nib de cacao, con una pérdida de 52,66% por efecto del tratamiento térmico de tostado.  
ICS-6: 32,72mg de ácido gálico/g de grano de cacao.  
ICS-6: 13,20mg de ácido gálico/g de nib de cacao, con una pérdida de 59,66% por efecto del tratamiento térmico de tostado. Vistos los análisis se puede concluir que si existe diferencia significativa entre los granos y los nibs y entre las dos variedades, lo que se corrobora con el análisis estadístico de t-Student.
  
5. En el contenido de ácidos grasos, los ácidos grasos saturados más representativos fueron: esteárico C:18 y palmítico C:16; en los monoinsaturados destacó el oleico C:18: 1  $\omega$ -9; y de poliinsaturados fue el linoleico C:18: 2  $\omega$ -6,  $\omega$ -9, siendo estos valores para:
  - CCN-51: saturado: 64,70% (26,84g/100); monoinsaturado: 32,39% (13,44g/100); poliinsaturado: 2,94% (1,22g/100).
  - ICS-6: saturado: 63,81% (26,35g/100); monoinsaturado: 33,29% (13,75g/100); poliinsaturado: 2,90% (1,20g/100). No existe diferencia significativa entre los granos y los nibs y las variedades.

## **CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES**

1. Se sugiere seguir haciendo estudios del cacao peruano en las diferentes variedades y lugares de cultivos para mejorar el beneficio pos cosecha y de esta manera conseguir ser más competitivos en el mercado nacional e internacional.
2. El cacao peruano debe ser estudiado en forma individual, es decir por cada zona de producción, ya que el lugar geográfico de cultivo y la variedad influyen notablemente en las diferentes propiedades del grano de cacao. Así mismo, con fines nutricionales, se sugiere seguir estudiando los parámetros de temperaturas y tiempos de tostado con la finalidad de disminuir el porcentaje de pérdida de polifenoles.
3. Se recomienda el consumo de los nibs de cacao, solos o incluidos en la formulación de otros productos por su alto contenido de polifenoles beneficiosos para la salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adomako, B.; Adu-Ampomah, Y. (2003). Bean characteristics of progenies of upper Amazon cacao in Ghana. *Trop Agronomi*, 80 (1), 41-47.
- Amores, F.; Agama, J.; Mite, F.; Jiménez, J.; Loor, G.; Quiroz, J. (2009). EET-544 y EET-558: Nuevos clones de cacao nacional para la producción bajo riego en la Península de Sta. Elena. *Boletín Técnico* # 134. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo-Ecuador.
- Anon. (1995). Cocoa bean processing. *Asia & Middle East Food*. 12 (4), 36.
- Anzaldúa, M. (1994). La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A.
- Álvarez, C.; Pérez, E.; Lares, M. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Estado de Aragua. *Agronomía Tropical* 57 (4): 249-256.
- Arévalo, E.; Zúñiga, L.B.; Arévalo, C.E.; Adriazola del Águila, J. (2004). *Cacao. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía peruana*. 1ª edición – Impresiones Castillo S.A. (074). 227952 - Chiclayo, Perú. pp. 18, 19, 119, 121, 122.
- Arts, I.; Hollman, P. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *American society for Clinical Nutrition*, 81 (suppl), 317 - 325.
- AOAC. (2012). *Official methods of analysis of association of AOAC instrumental*. Ed. 18, vol. II. Editors: Wiliam Horwitz and George W. Latimer, Jr. Maryland, USA.
- Armijos, A. (2002). “Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación”. Tesis en Química. Pontificia Universidad Católica. Quito, Ecuador.
- Batista, L. (2009). *El cultivo del cacao*, Guía técnica, CEDAF. Santo Domingo – República Dominicana.

- Beckett, S.T. (2009). *Industrial Chocolate. Manufacture and Use*. 4ª edición.
- Belitz, H.D.; Grosch, W.; Schieberle, P. (2004). *Aroma compounds*. Food chemistry. 4<sup>th</sup> rev and extended. Ed. Springer.
- Bradley, R. (2003). Moisture and Total Solids Analysis. In: Niesen SS editor. Food Analysis. 3<sup>rd</sup> ed. Hardcover, USA: Springer. 119 - 40 p.
- Braudeau, Jean. (1970). *El cacao. La industria del cacao y del chocolate; Fabricación del chocolate*. México, D.F.
- Braudeau, Jean. (1981). *El cacao*. 1ª edición, Editorial Blume, Barcelona-España. p. 283.
- Brito, E.S. (2000). *Estudo de mudanças estruturais e químicas produzidas durante a fermentação, secagem e torração de amêndoas de cacau (Theobroma cacao L.) e propostas de tratamento para o melhoramento de sabor*. Tese Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 134.
- Brito, E.S.; Garcia, N.H.P.; Gallao, M.I.; Cortelazzo, A.L.; Fevereiro, P.S.; Braga, M. R. (2001). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation, drying and roasting. *J Sci Food Agr*, 81 (2), 281-288.
- Calderón, L. (2002). “Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación a la calidad”. Tesis de Lic. en Química, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Cakirer, M.; Ziegler, G.R.; Gultinan, M.J.; Jones, A.D. (2003). Fresh bean colour as an indicator of chocolate flavour potential. pp 540-543.
- Camu, N.; De Winter, T.; Addo, S.; Takrama, J.; Bernaert, H.; De Vuyst, L. (2008). Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *J Sci Food Agric.*; 88: 2288-2297.
- Chire, G.; Córdova, A. (2005). “Mejoramiento de chocolate amargo para taza mediante el uso de licor de cacao”. *Ciencia e investigación* 8 (2) Facultad de Farmacia y Bioquímica UNMSM. ISSN 1561-0861.
- Codex Alimentario FAO/OMS. (2013). *Principios generales de higiene de los alimentos (CAC/RCP).72-2013*.
- Condori, D. (2015). “Optimización del manejo pos cosecha del cacao proveniente de La Convención (Cusco) para el mejoramiento de su calidad organoléptica y del contenido de fotoquímicos beneficiosos para la salud”. Tesis para optar el grado de Magíster en Química de la Biodiversidad. Universidad Cayetano Heredia. Lima.

- Cross, E. (1997). *Torréfaction In: Cacao et Chocolat - Production et caractéristiques*. Lavoisier (Paris), á paraitre. *Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria*, Maracay, Estado Aragua.
- Cross, E. (2004). Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases bioquímicas del perfil aromático, Taller Internacional de Calidad Integral de Cacao. Noviembre 15-17, Quevedo EC. 20 p.
- Coe, S.D.; Coe, M.D. (2007). The true history of chocolate. *Hudson Ta* (Ed.), 2<sup>nd</sup> ed. p. 208. New York.
- Díaz, S.; Pinoargote, M. (2012). “Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencia de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Dillinger, T.; Barriga, P.; Escárcega, S.; Jiménez, M.; Salazar, D.; Grivetti, L. (2000). Food of the Gods: Cure for the humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *J. Nut.* 2000; 130: 2057S - 2072S.
- Ding, E.L.; Hutfless, S.M.; Ding, X.; Giotra, S. (2006). Chocolate and prevention of cardiovascular disease: a systematic review. *Nutrition & Metabolism*, 3(2).
- Doestert, N.; Roque, J.; Cano, A.; La Torre, M.; Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao (*Theobroma cacao* L.). Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la Giz, en el Perú. Lima. 159.
- DUICT. Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (2015). Manual de la Ficha de Catación de Cacao. Edición y Editorial Jaime Pozu Franco Lima.
- Enríquez, G. (2004). Cacao orgánico, guía para productores ecuatorianos. INIAP. Manual n° 54. Quito, Ecuador. pp. 39-294.
- Fajardo, F. (2013). Principales características del CCN-51. En el Portal Informativo El Cacaotero. Consultado el 15 de febrero de 2016. Disponible en: <[http://www.elcacaotero.com.ec/cacao\\_ccn51.html](http://www.elcacaotero.com.ec/cacao_ccn51.html)>
- García, C. (2012). *Catálogo cultivares de cacao del Perú*. 2ª reimpresión. Minagri, Lima. pp. 21-55-108.
- Gutiérrez, B.A. (2002). *Chocolates, polifenoles y protección a la salud*. Departamento de Ciencias Fisiológicas. Ruiz de Zarate, S. 21(2) 149-52.
- Gutiérrez, H. (1988). El beneficio del cacao, Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura. *Publicación Técnica* n° 9. Medellín, Colombia. 55 p.



- Hernández, A.E. (2002). Evaluación Sensorial. 1ª edición, Bogotá. 128 p.
- Hii, C.L.; Law, C.L. (2009). Suzannah, S.; Misnawi; Cloke, M., Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2 (4), 702-722.
- International Cocoa Organization (ICCO). (2011). Latest quarterly bulletin of cocoa statistics. Julio.
- INIAP. (2003). Prácticas del beneficio del cacao y su calidad organoléptica. *Estación Experimental Tropical Pichilingue*. Quevedo, Ecuador. 16 p.
- INIAP. (2004). Cacao orgánico, guía para productores ecuatorianos. *Manual* n° 54. Quito, Ecuador. pp. 39-294.
- INIAP. (2004). La fermentación, el secado y almacenamiento del cacao. En: Taller Internacional de Calidad Integral de Cacao, Teoría y Práctica, 15-17 nov. Quevedo, Ecuador, 44 p.
- INIAP. (2007). Beneficio del cacao. Quito, Ecuador.
- INIAP. (2009). Entorno ambiental, genético, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nororiente de la provincia de Esmeralda. *Boletín técnico* n° 135. Quevedo los Ríos, Ecuador.
- INIAP. (2006). Aspectos de la calidad del cacao. Taller de entrenamiento en calidad física y organoléptica de cacao (Teoría y práctica). Diciembre 11 al 13 d. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, Ecuador. 5 p.
- Instituto Geográfico Nacional del Perú, visitado el (24/04/16)  
<http://www.ign.gob.pe/index.php?PG=Nomenclatorp&OPC=21&paginasok=58>
- IFT (Institute of Food Technologists-Sensory Evaluation Division). (1981). Sensory evaluation Guide for Testing Food and Beverage Products. *Food Technology*. 35 (11):50.
- Jiménez, J.C. *et al.* (2003). Prácticas del beneficio del cacao y su calidad organoléptica. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, Ecuador. 16 p.
- 
- Kothe, L.; Benno, F.; Zimmermann, Rudolf G. (2013). Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa beans roasting. *Food Chemistry*, 141-3656-3663.
- Kris-Etherton, P.; Deer, J.; Mitchell, D. (1993). The role of fatty acid saturation on plasma lipids, lipoproteins and apolipoproteins: I Effects of whole food diets high in

cocoa butter, olive oil, soybean oil, dairy butter and milk chocolate on the plasma lipids of young men. *Metabolism*; 42:121-129.

- Krysiak, W. (2005). Influence of roasting conditions on coloration of roasted cocoa beans. *Journal of food engineering*, 77- 449-453.
- Lares, M.; Gutiérrez, E.; Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado de Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (2) 439-446.
- Larmond, E. (1977). Métodos de laboratorio para evaluación sensorial de alimentos. Research Branch. Canada. Department of agriculture. Publication 1637. 77 p.
- Mendoza, V. (2013). El estudio del cacao. Opción rentable para la selva central. Centro de estudio y promoción del desarrollo. DESCO. 48 p.
- Ministerio de Agricultura y Riesgo (Minagri). (2014). “Producción del cacao en el Perú alcanzó las 71,431 toneladas en el 2013”. *Diario Gestión*. Recuperado de <<http://gestion.pe/economia/produccion-cacao-peru-alcanzo-71431-toneladas-2013-2097234>>
- Motamayor, J. (2001). *Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaoyers du groupe Criollo (Theobroma cacao L.) à l'aide de marqueurs moléculaires*. Paris, Université Paris XI, PhD thesis.
- Moreno, L.; Sánchez, A. (1989). Beneficio del cacao. *Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas*, Fasc. nº 6. pp. 14-16.
- Murray, R.; Spiegel y Larry J. Stephens. (2009). Probabilidad y estadística, 4ª edición, México, McGraw-Hill.
- Nazaruddin, R.; Osman, H.; Wahid, S.; Nor, A. (2006). Influence of Roasting Conditions on Volatile Flavor of Roasted Malaysian Cocoa Beans. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Nebesny, E.; Rutkowski, J. (1998). Effect of cocoa bean enrichment and chocolate mass conching on the composition and properties of chocolates. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 7 (4), 673-681.
- Nogales, J.; Graziani de Fariñas, N.; Ortiz de Bertorelli, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop*; 56(1): 5-20.
- Indecopi. (2006). NTP-ISO-1114. Granos de cacao: Prueba de corte. Lima - Perú.

- Indecopi. (2006). NTP-ISO-2292. Muestreo: determinación del contenido de humedad (método de rutina). Lima - Perú.
- Noor-Soffalina, S.; Jinap, S.; Nazimad, S.; Nazimah, S. (2009). Effect of polyphenol and pH on cocoa Maillard - related flavor precursors in lipidic model system. *International Journal of Science & Technology*, vol. 44.
- Nosti Novo, Jaime. (1953). *Café, cacao, té*. Barcelona, Salvat.
- Nsor-Atindana, J.; Zhong Fang, Mothibe, K.J.; Bangoura, M.L.; Lagnika, C. (2012). Quantification of total polyphenolic content and antimicrobial activity of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Beans Shells. *Pakistan J. Nurt*; 11(7): 574 - 579.
- Oracz, J.; Nebesny, E. (2014). Influence of roasting conditions on the biogenic content in cocoa beans of different *Theobroma cacao* cultivars. *Food Research International* 55-1-10.
- Padilla, F.; Liendo, R.; Quintana, A. (2000). Caracterización de la manteca de cacao extraída de cultivares híbridos de *Theobroma cacao* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Versión impresa ISSN 0004-0622.
- Pérez, E.; Álvarez, C.; Lares, M. (2002). Caracterización física y química de granos de cacao fermentado, seco y tostado de la región de Chuao. *Agronomía Tropical*, 52(2) - 161 - 172.
- Pinzón, J.; Ardila, J.; Rojas, F. (2008). *Guía Técnica para el Cultivo del Cacao*. 3ª edición: 152-164.
- Plúa, Juan Carlos. (2008). *Diseño de una Línea Procesadora de Cacao Artesanal (Theobroma cacao)*. Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Portillo, E.; Graziani de Fariñas, L.; Cros, E. (2005). Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del lago de Maracaibo. *Rev Fac Agron (LUZ)*. 22: 388-399.
- Prevot, G.; Mordret, M. (1976). Utilisation des colonnes capillaires de verre pour l'analyse des corps gras par chromatographie en phase gazeuse. *Revue Française des Corps Gras*. 23 anne, n° 7-8.
- Ramli, N.; Hassan, O.; Said, M.; Samsudin, W.; Idris, N.A. (2006). Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. *Diario de procesamiento y conservación de alimentos*, 30, 280-298.
- Rodríguez-Campos, J.; Escalona-Buendía, H.B.; Orozco-Ávila, I.; Lugo-Cervantes, E.; Jarimillo-Flores, E. (2011). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in

cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal componentes analysis. Food Research Intem; 44(1); 250 - 258.

- Ramos, G. (2004). La fermentación, el secado y almacenamiento del cacao. En: Taller Internacional de Calidad Integral de Cacao, Teoría y Práctica (15-17 nov/2004). INIAP – Quevedo, Ecuador, 44 p.
  - Reyes, H.; Vivas, J.; Romero, A. (2004). La calidad en el cacao. Factores determinantes de la calidad del cacao. Disponible en: <www.ceniap.gov.ve> 5 p.
  - Rivera, R.; Mesías, F.; Guzmán, A.; Peña, M.; Medina, H.; Casanova, L.; Barrera, A.; Nivelá, P. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. Ciencia y Tecnología; 5 (1): 7 - 12.
- Rohan, T. (1964). *El beneficio del cacao en bruto destinado al mercado*, FAO. Roma, Italia. pp. 79-113.
- Rusconi, M.; Conti, A. (2010). *Theobroma cacao* L. *the Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims*. Pharmacol Res. 61 (1), 5-13.
  - Sánchez, V. (2007). “Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfil de sabor de interés comercial”. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad en Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.
  - Saltos, A. (2005). “Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del Complejo Nacional Trinitario”. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 59 p.
  - Sancho, J.; Bota, E.; De Castro, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Edición de la Universidad de Barcelona, España. pp. 28-215.
  - Schramm, D.D.; Wang, J.F.; Holt, R.R.; Ensunsa, J.L.; Gonsalves, J.L.; Lazarus, S. A.; Schmitz, H.H.; German, J.B.; Keen, C.L. (2001). Chocolate procyanidins decrease the leukotriene-prostacyclin ratio in humans and human aortic endothelial cells. Am J Clin Nutr, 73 (1), 36-40.
  - Sato, K.; Sakiyama, K. (2011). Chocolate cocoa is a fermented food. *Kagaku to Seibutsu*, 49 (8), 523-526.
  - Semiglia, C. (1979). “Estudio de varios métodos de fermentación en diferentes zonas cacaoteras del Ecuador”. Tesis de Ing. Agr. Universidad Estatal de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 86 p.

- Sesso, H.; Gaziano, J.; Liu, S.; Buring, J. (2003). Flavonoid intake and the risk of cardiovascular disease in women. *Am J Clin Nutr.* 77: 1400-1408.
- Sukha, D.; Butler, D.; Amores, F.; Jimenez, J.; Ramos, G. (2007). Proyect to determine the physical, chemical and organoleptic parameters differentiate between fine and bulk cocoa. ICCO 1-10.
- Torrez-Moreno, M.; Torrescasana, E.; Salas-Salvado, J.; Blanch, C. (2015). Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry* 166, 125-132.
- Trognitz, B.; Scheldeman, X.; Hansel-Hohl, K.; Kuant, A.; Grebe, H.; Hermann, M. (2011). Genetic Population Structure of Cacao Plantings within a Young Production Area in Nicaragua. *Plos One* 2011, 6 (1).
- Tuckmantel, W.; Kozikowski, A.P.; Romanczyk, L.J. (1999). Studies in polyphenol chemistry and bioactivity. 1. Preparation of building blocks from (+)-catechin. Procyanidin formation. Synthesis of the cancer cell growth inhibitor, 3-O-galloyl-(2R, 3R)-epicatechin-4 beta,8-[3-Ogalloyl-(2R,3R)-epicatechin]. *J Am Chem Soc*, 121 (51), 12073-12081.
- Turnbull, C.; Eskes. (2004). Field guide to widely distributed clones (CD-ROM). Workshop on cocoa germplasm utilization and conservation. Aglobal approach. CFC/ICCO/IPGRI project. University of Reading, U.K.
- Unodoc. (2014). Paquete tecnológico del cacao fino de aroma. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito para el Perú y el Ecuador. Lima.
- Visioli, F.; Davalos, A. (2011). Polyphenols and Cardiovascular Disease: A Critical Summary of the Evidence. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry.* 11 (14), 1186-1190.
- Vinson, J.; Proch, J.; Zubik, L. (1999). Phenol antioxidant quantitty and quality in foods: cocoa, dark chocolate, and milk chocolate. *J Agric Food Chem* 47: 4821-4824.
- Wakao, H. (2002). “Estudio de la variación del contenido de alcaloides en cacao (*Theobroma cacao* L.) de producción nacional durante el proceso de beneficio”. Tesis de Licenciatura en Ciencias Químicas, especialidad Química Analítica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas. Quito, Ecuador, 2002. p. 91.
- Wood, G. (1983). Cacao. Traducido por Ambrosio, 3ª edición en español, México, D.F. pp. 258-267.
- Witting, E. (2008). Una metodología actual para tecnología de los alimentos. Ed. digital Universidad de Chile.




<SISIB.[https://www.google.com.pe/?gws\\_rd=ssl#q=WITTING+2008](https://www.google.com.pe/?gws_rd=ssl#q=WITTING+2008)> Consultado el 30/03/15.

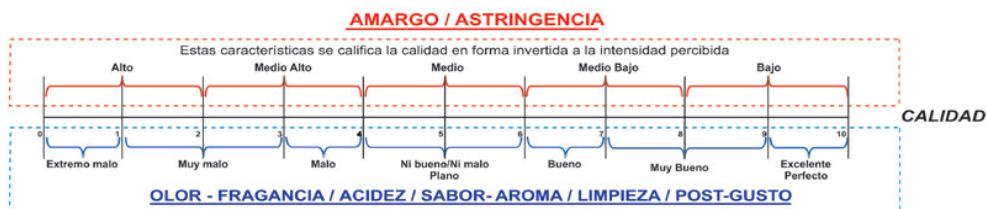
- Yader, S. Mercado (2012). “Efectos de la fermentación y el tostado sobre la concentración polifenólica y actividad antioxidante de cacao nicaragüense”. Tesis para optar al título de Master en Tecnología y Calidad en las Industrias Agroalimentarias. Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Yu, S.; Derr, J.; Etherton, T.; Kris-Etherton. (1995). P. Plasma cholesterol predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monounsaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *Am J Clin Nutr* 61:1129-1139.
- Zambrano, A.; Romeo, C.; Gómez, A.; Ramos, G.; Lacruz, C.; Brunett Máximo, G.; Gutiérrez, L.; Delgado, Y. (2010). Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Trop.* 60(2); 211-219.
- Zahouli, G.I.; Guehi, S.T.; Fae, A.M.; Ban-Koffi, L.; Nemlin, J.G. (2010). Effect of drying methods on the chemical quality traits of cocoa raw material. *Adv J Food Sci Technol*; 2(4): 184-190.
- Zapata, B.; Tamayo, T.; Alberto, R. (2015). Efecto del tostado sobre los metabolitos secundarios y la actividad antioxidante de clones de cacao colombiano. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 68 (1): 7497-7507.
- Zyzelewicz, D.; Budryn, G.; Krysiak, W.; Oracz, J.; Nebesny, E.; Bojczuk, M. (2014). Influence of roading conditions on fatty acid composition and oxidative changes of cocoa butter extracted from cocoa bean of Forastero variety cultivated in Tongo. *Food Research International*, 63-323-343 file: <///F:/cacao\_ccn51.html> Consultado el 05/03/16.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

### FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

 		CATADOR: _____		
		MUESTRA: _____	FECHA: _____	
1. Olor/ Fragancia	_____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
2. Acidez	_____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
3. Amargor	_____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
4. Astringencia	_____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
5. Sabor Aroma	_____ _____ _____ _____ _____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
6. Limpieza	_____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
7. Post-gusto	_____	Intensidad Alto Medio Bajo	Calidad 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Calidad <input type="text"/>
Comentarios	_____ _____ _____ _____ _____	Puntaje del Catador 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		
		Puntaje Total <input type="text"/>		



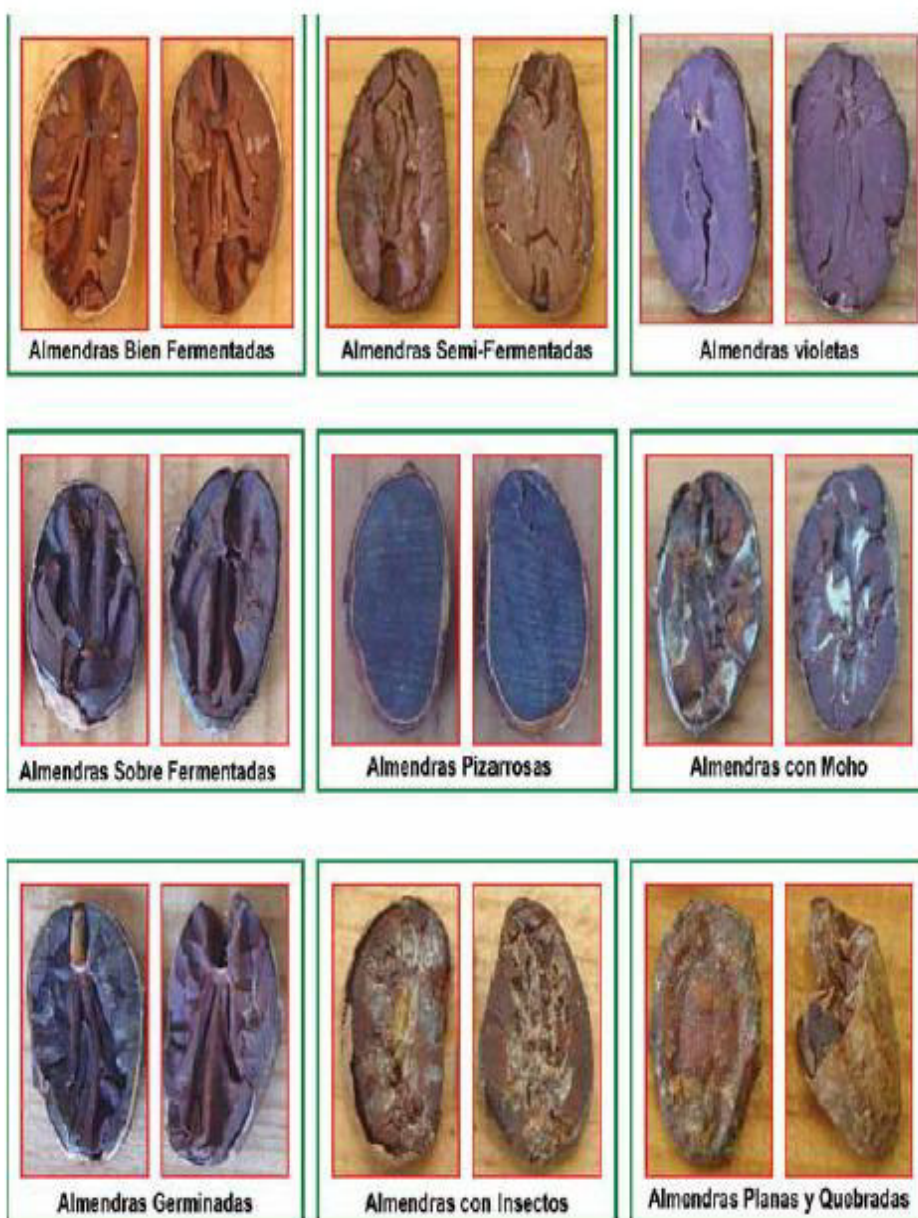
**CALIFICACIÓN:** Se recomienda el uso de números enteros.  
**PUNTUACIÓN:** Puntuación mínima 0, máxima 90.

**RECOMENDACIÓN:** Utilizar la ficha sin realizar modificaciones.  
**COMENTARIOS Y SUGERENCIAS:** cacaoquality@gmail.com

- Fuente: DUCT (2015)



## ANEXO 2 (a)



**Evaluación de los granos fermentados luego del corte**

*Fuente:* Acebey y Rodríguez (2002).

## ANEXO 2 (b)



(a)



(b)

**Vista frontal (a) y lateral (b) de la tostadora marca IMSA**

### ANEXO 3 (a)

#### CONTROL DE CALIDAD DE LOS GRANOS DE CACAO DE LA VARIEDAD CCN-51, FERMENTADOS Y SECOS DE LA PLANTACIÓN “TERRA NOSTRA” UCHIZA – SAN MARTÍN

CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD CCN 51	
Tipo de cosecha	Manual selectiva
Variedad	CCN-51
Tipo de fermentación	Pre-secado “Terra Nostra” (sacos)
Tiempo de fermentación	6 días
Temperatura máxima de fermentación	47,4 °C
Tiempo de secado	5 días (variable)

#### ANÁLISIS DE LOS GRANOS DE CACAO DE LA VARIEDAD CCN-51 (HÍBRIDO)

Muestra	100 granos de cacao seco
Peso total	190 gramos
Peso promedio de grano	1,9 gramos
Humedad	8%
pH de almendras de cacao secas	4,81 (diez granos)
Granos bien fermentados	84%
Granos medio fermentados	14%
Granos mal fermentados	2%
Granos con moho	0%
Granos partidos y/o quebrados	0%

### ANEXO 3 (b)

#### FICHA DE CALIDAD DE LOS GRANOS DE CACAO DE LA VARIEDAD ICS-6, FERMENTADOS Y SECOS DE LA PLANTACIÓN “TERRA NOSTRA” UCHIZA – SAN MARTÍN

CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD ICS-6	
Tipo de cosecha	Manual selectiva
Variedad	ICS-6
Tipo de fermentación	Pre-secado “Terra Nostra” (sacos)
Tiempo de fermentación	5 días
Temperatura máxima de fermentación	45,1 °C
Tiempo de secado	6 días (variable)

#### ANÁLISIS DE LOS GRANOS DE CACAO, VARIEDAD ICS-6 (HÍBRIDO)

Muestra	100 granos de cacao seco
Peso total	165 gramos
Peso promedio de grano	1,65 gramos
Humedad	8%
pH de almendras de cacao secas	4.92 (diez granos)
Granos bien fermentados	80%
Granos medio fermentados	11%
Granos mal fermentados	9%
Granos con moho	0%
Granos partidos y/o quebrados	0%

## ANEXO 4 (a)

Resultados de la Evaluación Sensorial de los Nibs de Cacao de la Variedad CCN-51 por cada tratamiento

**“T1 (120 °C / 50 min) - R 1”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	7,00	6,00	5,00	6,00	12,00	9,00	8,00	7,00	60,00	AROMA A CACAO FUERTE, A FRUTOS SECOS ALMENDRADOS, LIGERO CITRICO DE FRUTAL
2	8,00	6,00	5,00	6,00	14,00	9,00	8,00	7,00	63,00	NUEZ, MANÍ, PECANAS
3	7,00	6,00	5,00	6,00	12,00	9,00	8,00	7,00	60,00	LIGERO AMARGO, ACHOCOLATADO
4	4,00	4,00	5,00	3,00	8,00	5,00	5,00	6,00	40,00	BAJA ACIDEZ MEDIO AMARGO SAB. NUECES
5	7,00	7,00	7,00	8,00	16,00	8,00	8,00	8,00	69,00	ACIDEZ MODERADA, NUEZ CHOCOLATE
6	7,00	8,00	7,00	5,00	12,00	6,00	7,00	7,00	59,00	SABOR A CHOCOLATE LIGERO FLORAL, FRUTAL
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,67</b>	<b>6,17</b>	<b>5,67</b>	<b>5,67</b>	<b>12,33</b>	<b>7,67</b>	<b>7,33</b>	<b>7,00</b>	<b>58,50</b>	

**“T1 (120 °C / 50 min) - R 2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	4,00	4,00	3,00	10,00	4,00	5,00	5,00	41,00	OLOR ÁCIDO ACÉTICO
2	6,00	5,00	3,00	4,00	10,00	5,00	5,00	5,00	43,00	AMARGOR Y ASTRINGENTE FUERTE
3	5,00	5,00	4,00	4,00	10,00	5,00	5,00	5,00	43,00	FRUTOS VERDES, HIERBAS AMARGAS, POSTGUSTO RESINOSO
4	5,00	7,00	6,00	5,00	14,00	6,00	7,00	8,00	58,00	ACIDEZ, AMARGOR Y ASTRINGENCIA MODERADA
5	6,00	8,00	6,00	5,00	12,00	9,00	8,00	7,00	61,00	ACIDEZ, AMARGOR Y ASTRINGENCIA MODERADA
6	6,00	7,00	4,00	4,00	14,00	6,00	7,00	7,00	55,00	LIGERO SABOR CHOCOLATE, FINAL FRUTO SECO
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,67</b>	<b>6,00</b>	<b>4,50</b>	<b>4,17</b>	<b>11,67</b>	<b>5,83</b>	<b>6,17</b>	<b>6,17</b>	<b>50,17</b>	

**“T2 (130 °C / 50 min) - R 1”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	8,00	7,00	6,00	57,00	OLOR A CÍTRICO, FRUTAL
2	7,00	6,00	7,00	7,00	12,00	7,00	7,00	7,00	60,00	NUEZ, DULCE, SUAVE
3	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	7,00	7,00	7,00	57,00	ACHOCOLATADO
4	6,00	7,00	5,00	5,00	12,00	7,00	7,00	7,00	56,00	POCA ACIDEZ Y AMARGOR OLOR ACHOCOLATADO
5	8,00	8,00	8,00	6,00	16,00	8,00	9,00	8,00	71,00	ACIDEZ A MANZANA, SABOR NUEZ COCOA MANTECA
6	6,00	7,00	7,00	4,00	14,00	7,00	7,00	7,00	59,00	NUEZ, CHOCOLATE, FRUTAL, LIGERO SOBRETOST
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,50</b>	<b>6,67</b>	<b>6,50</b>	<b>5,67</b>	<b>13,00</b>	<b>7,33</b>	<b>7,33</b>	<b>7,00</b>	<b>60,00</b>	

**“T2 (130 °C / 50 min) - R 2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	7,00	5,00	5,00	5,00	10,00	7,00	6,00	6,00	51,00	AROMA A MANÍ, FRUTOS SECOS
2	6,00	6,00	5,00	5,00	12,00	8,00	7,00	7,00	56,00	CASI PLANO, CÍTRICO MUY LIGERO
3	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	7,00	6,00	6,00	50,00	LIGERO TERROSO
4	6,00	9,00	7,00	7,00	12,00	6,00	6,00	9,00	62,00	NUECES BAJA ACIDEZ Y ASTRINGEN.
5	7,00	8,00	7,00	7,00	16,00	8,00	9,00	8,00	70,00	ÁCIDO ACÉTICO, AMARGOR LEVE A CACAO
6	6,00	6,00	6,00	4,00	10,00	5,00	4,00	5,00	46,00	SABOR PLÁTANO, FLORAL
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,33</b>	<b>6,50</b>	<b>5,83</b>	<b>5,50</b>	<b>11,67</b>	<b>6,83</b>	<b>6,33</b>	<b>6,83</b>	<b>55,83</b>	

**“T3 (120 °C / 40 min) - R 1”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	5,00	4,00	5,00	10,00	7,00	6,00	6,00	49,00	OLOR A FRUTAS CÍTRICAS
2	6,00	6,00	5,00	5,00	10,00	7,00	6,00	6,00	51,00	AMARGO Y RESINOSO
3	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	8,00	6,00	6,00	51,00	FRUTOS VERDES
4	5,00	4,00	4,00	4,00	10,00	5,00	4,00	6,00	42,00	FRUTOS SECOS POCO AMARGOR Y AC.
5	7,00	8,00	6,00	6,00	12,00	8,00	8,00	7,00	62,00	CACAO, CHOCOLATE, FRUTO SECO NUEZ
6	7,00	8,00	4,00	2,00	14,00	6,00	6,00	6,00	53,00	FRUTAL CITRICO, ACHOCOLATADO, ASTRING.
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,17</b>	<b>6,00</b>	<b>4,67</b>	<b>4,50</b>	<b>11,00</b>	<b>6,83</b>	<b>6,00</b>	<b>6,17</b>	<b>51,33</b>	

**“T3 (120°C/ 40 min) – R2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	5,00	4,00	4,00	10,00	8,00	6,00	5,00	48,00	OLOR A CÍTRICOS Y FRUTOS SECOS
2	6,00	6,00	5,00	4,00	10,00	7,00	7,00	5,00	50,00	AMARGO Y ASTRINGENTE INTENSO
3	6,00	5,00	5,00	4,00	10,00	7,00	6,00	5,00	48,00	RESINOSO, FRUTOS VERDES
4	7,00	8,00	8,00	6,00	16,00	8,00	7,00	7,00	67,00	BAJA ACIDEZ CHOCOLATE Y NUEZ
5	8,00	9,00	6,00	8,00	16,00	8,00	8,00	8,00	71,00	ÁCIDO ACÉTICO, AMARGOR HERCAMPURI
6	6,00	6,00	6,00	4,00	14,00	7,00	6,00	7,00	56,00	OLOR CÍTRICO FLORAL., CON ACIDEZ Y ASTRIN.
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,50</b>	<b>6,50</b>	<b>5,67</b>	<b>5,00</b>	<b>12,67</b>	<b>7,50</b>	<b>6,67</b>	<b>6,17</b>	<b>56,67</b>	

**“T4 (130 °C / 40 min) - R 1”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	4,00	6,00	5,00	10,00	7,00	8,00	6,00	52,00	ÁCIDO FRUTAL, LIGERO ACÉTICO BAJO
2	5,00	4,00	6,00	5,00	12,00	9,00	7,00	6,00	54,00	LIGERO DULCE, ACHOCOLATADO
3	5,00	5,00	6,00	5,00	10,00	8,00	7,00	6,00	52,00	ASTRINGENCIA LIGERA, PACTOSO
4	4,00	4,00	2,00	2,00	8,00	3,00	3,00	4,00	30,00	AMARGOR FUERTE FRUTOS SECOS
5	7,00	7,00	8,00	8,00	16,00	8,00	8,00	8,00	70,00	ACIDEZ A FRUTA, AC. Y ASTRINGENCIA BAJA
6	7,00	7,00	8,00	4,00	12,00	6,00	5,00	6,00	55,00	LIGERO SABOR A NUEZ, ASRTRINGENCIA MARCADA
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,67</b>	<b>5,17</b>	<b>6,00</b>	<b>4,83</b>	<b>11,33</b>	<b>6,83</b>	<b>6,33</b>	<b>6,00</b>	<b>52,17</b>	

**“T4 (130 °C / 40 min) - R 2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	4,00	5,00	5,00	10,00	6,00	6,00	6,00	48,00	ÁCIDO FUERTE
2	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	7,00	6,00	6,00	50,00	LIGERA ASTRINGENCIA COMO TORONJA
3	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	6,00	6,00	6,00	49,00	HIERBAS AMARGAS
4	4,00	3,00	1,00	2,00	8,00	3,00	4,00	5,00	30,00	ACIDEZ Y ASTRINGENCIA ALTA, DESAGRADABLE
5	6,00	6,00	7,00	6,00	16,00	9,00	8,00	7,00	65,00	ÁCIDO ACÉTICO, AC. MEDIA, SABOR A NUEZ
6	4,00	6,00	6,00	3,00	14,00	6,00	7,00	7,00	53,00	FRUTOS SECOS, ACHOCOLATADO, FRUTAL
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,33</b>	<b>4,83</b>	<b>4,83</b>	<b>4,33</b>	<b>11,33</b>	<b>6,17</b>	<b>6,17</b>	<b>6,17</b>	<b>49,17</b>	



## ANEXO 4 (b)

Resultados de la Evaluación Sensorial de los Nibs de Cacao de la Variedad ICS-6 por cada tratamiento

### “T1 (120 °C / 50 min) - R 1”

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	7,00	7,00	5,00	5,00	10,00	9,00	7,00	7,00	57,00	AROMA ACHOCOLATADO. SABOR LIGERO ACHOCOLATADO
2	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	10,00	7,00	7,00	55,00	ACIDEZ CÍTRICA CON TOQUES DE LIMON PERO MUY BAJA
3	7,00	6,00	6,00	6,00	10,00	9,00	6,00	7,00	57,00	AMARGOR Y ASTRINGENCIA PROPIA DEL CACAO (BAJO). MUESTRA CASI PLANA
4	2,00	3,00	2,00	3,00	8,00	2,00	2,00	5,00	27,00	NUECES TOSTADAS ACIDEZ Y ASTRING MEDIA ALTA
5	7,00	7,00	7,00	8,00	16,00	9,00	8,00	6,00	68,00	ACIDEZ A FRUTA, SABOR A NUEZ A FRUTA, COCOA
6	7,00	6,00	8,00	6,00	14,00	6,00	6,00	7,00	60,00	SUAVE SABOR ALMENDRA, ASTRINGENCIA MEDIA
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,00</b>	<b>5,67</b>	<b>5,50</b>	<b>5,50</b>	<b>11,33</b>	<b>7,50</b>	<b>6,00</b>	<b>6,50</b>	<b>54,00</b>	

### “T1 (120 °C / 50 min) - R 2”

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	8,00	7,00	6,00	57,00	LIGERO OLOR A MANTEQUILLA
2	5,00	6,00	6,00	6,00	12,00	8,00	7,00	6,00	56,00	ACIDEZ FRUTAL, ACHOCOLATADO
3	5,00	6,00	6,00	6,00	12,00	8,00	7,00	6,00	56,00	LIGERO ASTRINGENTE, FRUTOS VERDES
4	6,00	4,00	5,00	4,00	12,00	5,00	4,00	6,00	46,00	SABOR Y AROMA BUENO, AMARGO LEVE
5	6,00	7,00	8,00	7,00	14,00	6,00	6,00	7,00	61,00	ÁCIDO ACÉTICO, ASTRINGENCIA MANZANA VERDE
6	6,00	6,00	7,00	5,00	12,00	7,00	7,00	7,00	57,00	SABOR AGRADABLE A NUEZ Y CÍTRICO AGRADABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,67</b>	<b>5,83</b>	<b>6,33</b>	<b>5,67</b>	<b>12,33</b>	<b>7,00</b>	<b>6,33</b>	<b>6,33</b>	<b>55,50</b>	

**“T2 (130 °C / 50 min) - R 1”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6.00	7.00	7.00	7.00	14.00	8.00	8.00	7.00	64.00	AROMA A CAFÉ INTENSO
2	6.00	6.00	7.00	7.00	14.00	9.00	7.00	7.00	63.00	CÍTRICO A LIMÓN
3	6.00	6.00	6.00	7.00	14.00	8.00	8.00	7.00	62.00	NUEZ, FRUTOS SECOS, POSTGUSTO A CAFÉ
4	4.00	5.00	5.00	6.00	12.00	8.00	6.00	7.00	53.00	FRUTOS SECOS ACIDEZ Y ASTRING LEVE
5	7.00	8.00	6.00	6.00	14.00	6.00	8.00	7.00	62.00	ÁCIDO ACÉTICO, HERCAMPURI, PLÁTANO VERDE
6	6.00	7.00	6.00	4.00	12.00	4.00	5.00	5.00	49.00	SUAVE CACAO, LIGERO NUEZ, ASTRING FLORAL
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.83</b>	<b>6.50</b>	<b>6.17</b>	<b>6.17</b>	<b>13.33</b>	<b>7.17</b>	<b>7.00</b>	<b>6.67</b>	<b>58.83</b>	

**“T2 (130 °C / 50 min) - R 2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6.00	6.00	5.00	5.00	10.00	7.00	6.00	6.00	51.00	OLOR ACHOCOLATADO, CÍTRICO, FRUTAL
2	6.00	7.00	4.00	4.00	10.00	7.00	6.00	6.00	50.00	AMARGO Y ASTRINGENTE
3	6.00	6.00	5.00	5.00	10.00	7.00	5.00	6.00	50.00	LIGERO LÁCTICO, RESINOSO
4	7.00	5.00	7.00	7.00	14.00	7.00	8.00	8.00	63.00	FRUTOS SECOS ACIDEZ Y ASTRINGEN BAJA
5	8.00	7.00	7.00	7.00	16.00	8.00	7.00	8.00	68.00	ÁCIDO ACÉTICO, MANDARINA, MANZANA VERDE, NUEZ
6	6.00	5.00	4.00	4.00	10.00	6.00	5.00	6.00	46.00	OLOR CÍTRICO, ACIDEZ Q PERDURA, AMARGOR
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.50</b>	<b>6.00</b>	<b>5.33</b>	<b>5.33</b>	<b>11.67</b>	<b>7.00</b>	<b>6.17</b>	<b>6.67</b>	<b>54.67</b>	

**“T3 (120 °C/40min) - R 1”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	6,00	7,00	6,00	10,00	7,00	6,00	6,00	54,00	BUEN AROMA, ACHOCOLATADO, DULCE
2	6,00	7,00	6,00	6,00	14,00	6,00	6,00	6,00	57,00	NUEZ, PANELA, MALTA
3	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	7,00	5,00	5,00	53,00	LIGERO LÁCTICO Y ACÉTICO, POSTGUSTO SECO
4	5,00	4,00	5,00	5,00	12,00	8,00	7,00	7,00	53,00	ACIDEZ Y ASTRINGENCIA MEDIA SABOR CACAO
5	6,00	6,00	8,00	7,00	14,00	9,00	8,00	8,00	66,00	BAJA ACIDEZ Y AMARGOR OLOR A CACAO
6	6,00	7,00	6,00	4,00	14,00	7,00	7,00	7,00	58,00	OLOR CÍTRICO MANDARINA Y CACAO
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,83</b>	<b>6,00</b>	<b>6,33</b>	<b>5,67</b>	<b>12,67</b>	<b>7,33</b>	<b>6,50</b>	<b>6,50</b>	<b>56,83</b>	

**“T3 (120 °C/40 min) - R 2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	4,00	4,00	4,00	10,00	5,00	4,00	5,00	42,00	AROMA DULCE, PANELA
2	6,00	5,00	5,00	5,00	12,00	7,00	6,00	6,00	52,00	FRUTOS VERDES, HIERBAS
3	6,00	5,00	4,00	4,00	12,00	6,00	6,00	6,00	49,00	LIGERO MANÍ Y FRUTOS SECOS
4	4,00	6,00	6,00	7,00	14,00	7,00	7,00	7,00	58,00	FRUTOS SECOS CHOCOLATE ACIDEZ BAJA
5	6,00	6,00	6,00	6,00	10,00	2,00	3,00	5,00	44,00	OLOR A HIERBA, AC. BAJA, BAJO CHOCOLATE
6	7,00	5,00	7,00	6,00	12,00	6,00	6,00	6,00	55,00	SABOR CACAO, FRUTAL MANDARINA
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,83</b>	<b>5,17</b>	<b>5,33</b>	<b>5,33</b>	<b>11,67</b>	<b>5,50</b>	<b>5,33</b>	<b>5,83</b>	<b>50,00</b>	

**“T4 (130 °C/40 min) - R 1”**

CATADORES	OLOR/FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	6,00	5,00	5,00	47,00	ÁCIDO, LIGERO MANTEQUILLOSO
2	6,00	5,00	4,00	4,00	10,00	5,00	5,00	5,00	44,00	HIERBAS AMARGAS, MEDICINAL
3	6,00	5,00	5,00	5,00	10,00	6,00	5,00	5,00	47,00	FRUTOS VERDES, RESINOSO
4	8,00	3,00	8,00	5,00	14,00	8,00	6,00	8,00	60,00	INTENSO BUTÍRICO BAJA ACIDEZ
5	7,00	5,00	6,00	5,00	12,00	7,00	6,00	7,00	55,00	
6	6,00	6,00	4,00	4,00	10,00	4,00	5,00	6,00	45,00	ASTRINGENCIA ACENTUADA, AMARGOR
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,50</b>	<b>4,83</b>	<b>5,33</b>	<b>4,67</b>	<b>11,00</b>	<b>6,00</b>	<b>5,33</b>	<b>6,00</b>	<b>49,67</b>	

**“T4 (130 °C/40 min) - R 2”**

CATADORES	OLOR /FRAGANCIA	ACIDEZ	AMARGOR	ASTRINGENCIA	SABOR/AROMA (X2)	LIMPIEZA	POSTGUSTO	PUNTAJE DEL CATADOR	PUNTAJE TOTAL	COMENTARIOS
1	7,00	6,00	6,00	7,00	14,00	9,00	8,00	7,00	64,00	OLOR INTENSO A CACAO
2	7,00	7,00	7,00	6,00	14,00	8,00	7,00	8,00	64,00	CÍTRICO A LIMÓN
3	7,00	7,00	8,00	7,00	14,00	9,00	7,00	7,00	66,00	AGRADABLE A FRUTOS SECOS, ACHOCOLATADO
4	7,00	5,00	5,00	7,00	12,00	6,00	7,00	7,00	56,00	AMARGOR LEVE, AGRADABLE A FRUTOS SECOS
5	7,00	7,00	6,00	7,00	14,00	7,00	7,00	7,00	62,00	CACAO A FRUTOS SECOS, ACIDEZ A MANDARINA
6	7,00	7,00	7,00	4,00	10,00	6,00	6,00	6,00	53,00	CHCOLATE, FRUTAL A LIMÓN SUAVE
<b>PROMEDIO</b>	<b>7,00</b>	<b>6,50</b>	<b>6,50</b>	<b>6,33</b>	<b>13,00</b>	<b>7,50</b>	<b>7,00</b>	<b>7,00</b>	<b>60,83</b>	

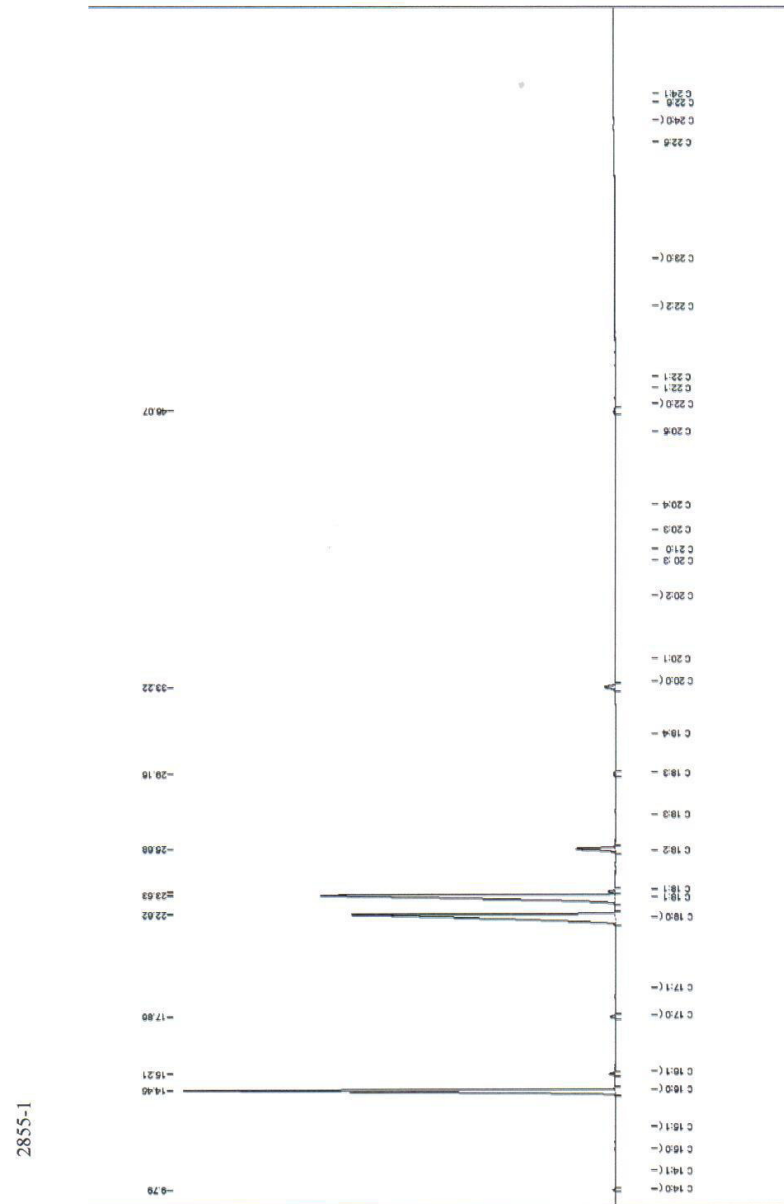
## ANEXO 5 (a)

### Resultado del perfil de ácidos grasos de los nibs de cacao variedad CCN-51

ACIDO GRASO	CONTENIDO ( % )			g/100g muestra	mg/g muestra
	1	2	PROMED		
C 04:0 (Butírico)					
C 06:0 (Caproico)					
C 08:0 (Caprílico)					
C 10:0 (Cáprico)					
C 11:0 (Undecanoico)					
C 12:0 (Láurico)					
C 13:0 (Tridecanoico)					
C 14:0 (Mirístico)	0,05	0,05	0,05	0,02	0,21
C 14:1 (Miristoleico)					
C 15:0 (Pentadecaenoico)					
C 15:1 (Cis-10-Pentadecenoico)					
C 16:0 (Palmitico)	29,94	30,46	30,20	12,53	125,30
C 16:1 (Palmitoleico)	0,22	0,23	0,23	0,10	0,95
C 17:0 (Heptadecaenoico)	0,23	0,22	0,23	0,10	0,95
C 17:1 (Cis-10-Heptadecenoico)					
C 18:0 (Esteárico)	33,39	33,11	33,25	13,80	137,96
C 18:1 w-9 (Oleico)	31,88	31,72	31,80	13,19	131,94
C 18:1 w-7 (Vaccenico)	0,36	0,36	0,36	0,15	1,49
C 18:2 w-6 (Linoleico) *	2,82	2,78	2,80	1,16	11,62
C 18:3 w-6 (g-Linolénico)					
C 18:3 w-3 (a-Linolénico)	0,14	0,13	0,14	0,06	0,58
C 18:4 w-3 (Estearidonico)					
C 20:0 ( Araquídico)	0,87	0,84	0,86	0,36	3,57
C 20:1 w-9 (Eicosaenoico)					
C 20:2 (Eicosadienoico)					
C 20:3 w-6 (Eicosatrienoico)					
C 21:0 (Eneicosaenoico)					
C 20:3 w-3 (Eicosatrienoico)					
C 20:4 w-6 (Araquidónico)					
C 20:5 w-3 (Eicosapentaenoico)					
C 22:0 (Behénico)	0,10	0,12	0,11	0,05	0,46
C:22:1 w-11 (Cetoleico)					
C 22:1 w- 9 ( Erucico)					
C 22:2 (Docosadienoico)					
C 23:0 (Tricosanoico)					
C 24:0 (Lignocérico)					
C 22:5 w-3 (Clupadónico)					
C 22:6 w-3 (Docosahexaenoico)					
C 24:1 w-9 (Nervonico)					

% de Grasa: 43,40

Factor: 0,956



## Cromatograma del perfil de ácidos grasos de los nibs de cacao variedad CCN-51

Esteárico C18:00 (33,25g/100g); palmítico C16:00 (30,20g/100g); oleico C18:1 w-9 (31,80g/100g); linoleico C18:2 w-6, w-9 (2,80g/100g)

## ANEXO 5 (b)

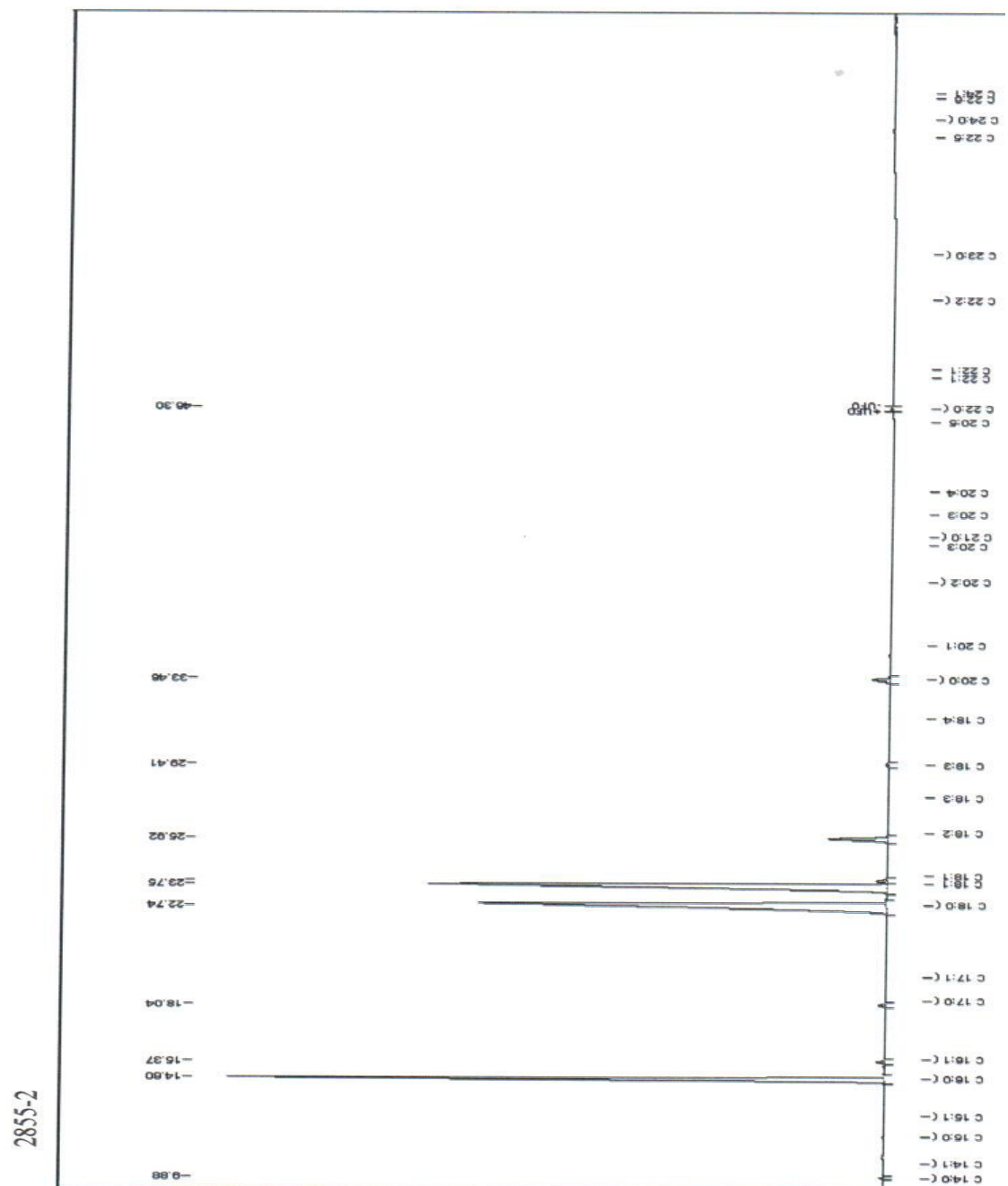
### Resultado del perfil de ácidos grasos de los nibs de cacao variedad ICS-6

ACIDO GRASO	CONTENIDO ( % )			g/100g muestra	mg/g muestra
	1	2	PROMED		
C 04:0 (Butírico)					
C 06:0 (Caproico)					
C 08:0 (Caprílico)					
C 10:0 (Cáprico)					
C 11:0 (Undecanoico)					
C 12:0 (Láurico)					
C 13:0 (Tridecanoico)					
C 14:0 (Mirístico)	0,06	0,06	0,06	0,02	0,25
C 14:1 (Miristoleico)					
C 15:0 (Pentadecaenoico)					
C 15:1 (Cis-10-Pentadecenoico)					
C 16:0 (Palmitico)	28,99	28,24	28,62	11,82	118,20
C 16:1 (Palmitoleico)	0,25	0,24	0,25	0,10	1,03
C 17:0 (Heptadecaenoico)	0,24	0,24	0,24	0,10	0,99
C 17:1 (Cis-10-Heptadecenoico)					
C 18:0 (Estearico)	33,73	34,16	33,94	14,02	140,17
C 18:1 w-9 (Oleico)	32,50	32,80	32,65	13,48	134,84
C 18:1 w-7 (Vaccenico)	0,39	0,39	0,39	0,16	1,61
C 18:2 w-6 (Linoleico) *	2,76	2,78	2,77	1,14	11,44
C 18:3 w-6 (g-Linolénico)					
C 18:3 w-3 (a-Linolénico)	0,13	0,13	0,13	0,05	0,54
C 18:4 w-3 (Estearidónico)					
C 20:0 ( Araquídico)	0,83	0,86	0,85	0,35	3,51
C 20:1 w-9 (Eicosaenoico)					
C 20:2 (Eicosadienoico)					
C 20:3 w-6 (Eicosatrienoico)					
C 21:0 (Eneicosaenoico)					
C 20:3 w-3 (Eicosatrienoico)					
C 20:4 w-6 (Araquidónico)					
C 20:5 w-3 (Eicosapentaenoico)					
C 22:0 (Behénico)	0,10	0,10	0,10	0,04	0,41
C:22:1 w-11 (Cetoleico)					
C 22:1 w- 9 ( Erucico)					
C 22:2 (Docosadienoico)					
C 23:0 (Tricosanoico)					
C 24:0 (Lignocérico)					
C 22:5 w-3 (Clupadónico)					
C 22:6 w-3 (Docosahexaenoico)					
C 24:1 w-9 (Nervónico)					

% de Grasa: 43,20

Factor: 0,956





## Cromatograma del perfil de ácidos grasos de los nibs de cacao variedad

### ICS-6

Estearico C18:00 (33,94g/100g); palmítico C16:00 (28,62g/100g); oleico C18:1 w-9 (33,65g/100g); linoleico C18:2 w-6, w-9 (2,77g/100g)



## ANEXO 6 (a)

- En el siguiente cuadro se resumen todas las comparaciones aplicables según método:

### PRUEBA DE COMPARACIÓN DE FRIEDMAN:

$ R_i - R_j $	$R_i$	$R_j$	Diferencia	Diferencia absoluta	Decisión	Fr
T7-T3	21	19	2	2	n.s.	16.590
T7-T8	21	28	-7	7	n.s.	16.590
T7-T5	21	33.5	-12.5	12.5	n.s.	16.590
T7-T4	21	19	2	2	n.s.	16.590
T7-T1	21	25.5	-4.5	4.5	n.s.	16.590
T7-T2	21	37	-16	16	n.s.	16.590
T7-T6	21	33	-12	12	n.s.	16.590
T3-T8	19	28	-9	9	n.s.	16.590
T3-T5	19	33.5	-14.5	14.5	n.s.	16.590
T3-T4	19	19	0	0	n.s.	16.590
T3-T1	19	25.5	-6.5	6.5	n.s.	16.590
T3-T2	19	37	-18	18	(*)	16.590
T3-T6	19	33	-14	14	n.s.	16.590
T8-T5	28	33.5	-5.5	5.5	n.s.	16.590
T8-T4	28	19	9	9	n.s.	16.590
T8-T1	28	25.5	2.5	2.5	n.s.	16.590
T8-T2	28	37	-9	9	n.s.	16.590
T8-T6	28	33	-5	5	n.s.	16.590
T5-T4	33.5	19	14.5	14.5	n.s.	16.590
T5-T1	33.5	25.5	8	8	n.s.	16.590
T5-T2	33.5	37	-3.5	3.5	n.s.	16.590
T5-T6	33.5	33	0.5	0.5	n.s.	16.590
T4-T1	19	25.5	-6.5	6.5	n.s.	16.590
T4-T2	19	37	-18	18	(*)	16.590
T4-T6	19	33	-14	14	n.s.	16.590
T1-T2	25.5	37	-11.5	11.5	n.s.	16.590
T1-T6	25.5	33	-7.5	7.5	n.s.	16.590
T2-T6	37	33	4	4	n.s.	16.590

- De acuerdo con la comparación por la prueba de Friedman, a un nivel de significación  $\alpha = 0,05$  existe evidencia estadística para afirmar que cuando se comparan uno a uno los tratamientos, solo los tratamientos T3 vs T2 y T4 vs T2 resultan significativamente diferentes. El resto, no.
- Considerando que más es mejor, según la gráfica de cajas el T2 sería significativamente mejor que lo otros.

## ANEXO 6 (b)

La prueba t-Student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente (aunque en este último caso es preferible realizar una prueba no paramétrica) (Murray *et al.*, 2009).

### Prueba T para el contenido de polifenoles totales de los granos de las variedades CCN-51 y ICS-6

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar
1	3	39,08	1,35	0,78
2	3	32,72	2,12	1,2

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 6,36  
IC de 95% para la diferencia: (1,74; 10,98)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 4,38 Valor P = 0,022 GL = 3

Los resultados muestran que sí existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles de los granos de las variedades en estudio, encontrándose el valor de Ho fuera del Intervalo de Confianza (IC) de 95% y siendo el valor p menor a 0,05.

### Prueba T para el contenido de polifenoles totales entre los tratamientos T2 y T6

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
1	3	18,500	0,570	0,33
2	3	13,200	0,530	0,31

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
Estimado de la diferencia: 5,300  
IC de 95% para la diferencia: (3,870; 6,730)  
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 11,79 Valor P = 0,001 GL = 3

Los resultados muestran que sí existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles de los tratamientos T2 y T6, encontrándose el valor de Ho fuera del Intervalo de Confianza (IC) de 95% y siendo el valor p menor a 0,05.

#### Prueba T para el contenido de polifenoles totales de los granos y nibs de cacao de la variedad CCN-51

		Media del Error		
Muestra	N	Media	Desv.Est.	estándar
1	3	39,08	1,35	0,78
2	3	18,500	0,570	0,33

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
 Estimado de la diferencia: 20,580  
 IC de 95% para la diferencia: (16,940; 24,220)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 24,32 Valor P = 0,002 GL = 2

Los resultados muestran que sí existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles de los granos y los nibs de cacao en la variedad CCN-51, encontrándose el valor de Ho fuera del Intervalo de Confianza (IC) de 95% y siendo el valor p menor a 0,05.

#### Prueba T para el contenido de polifenoles totales de los granos y nibs de cacao de la variedad ICS-6

		Media del Error		
Muestra	N	Media	Desv.Est.	estándar
1	3	32,72	2,12	1,2
2	3	13,200	0,530	0,31

Diferencia =  $\mu(1) - \mu(2)$   
 Estimado de la diferencia: 19,52  
 IC de 95% para la diferencia: (14,09; 24,95)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 15,47 Valor P = 0,004 GL = 2

Los resultados muestran que sí existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles de los granos y los nibs de cacao en la variedad ICS-6, encontrándose el valor de Ho fuera del Intervalo de Confianza (IC) de 95% y siendo el valor p menor a 0,05.

#### Contenido promedio de polifenoles en los granos y nibs de cacao y su porcentaje de pérdida

Variedad	Granos (mg de ácido gálico/g de granos de cacao)	Nibs (mg de ácido gálico/g de nibs de cacao)	% de pérdida por tostado
CCN-51	39,08	18,50	52,66
ICS-6	32,72	13,20	59,66